

**CONFIGURACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO PARA LA
COMERCIALIZACIÓN DE SISTEMAS DE ENERGÍA FOTOVOLTAICOS EN
COLOMBIA**

**AUTORES:
SEBASTIAN ARISTIZABAL GONZALEZ
SANTIAGO ARBELAEZ SALGADO**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniería Industrial**

**DIRECTOR:
AQUILES OCAMPO GONZALEZ
PhD**

**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA
INGENIERIA INDUSTRIAL
ENVIGADO
2013**



Este trabajo está dedicado a todas las personas que no cuentan con servicio de energía eléctrica en Colombia.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos en primer lugar a todas las personas que hicieron posible, con su ayuda y compromiso, la realización de este proyecto. A Francisco Javier Uribe, de Melco. A Jim Kadakia, de Mitsubishi US División, Mauricio Acosta de Hybrytec. A nuestro director de trabajo de grado, Aquiles Ocampo. Y a todas aquellas personas que hicieron parte de nuestro proceso de formación durante la universidad. Entre ellos, profesores y familia.

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
1. PRELIMINARES.....	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Objetivos del proyecto	3
1.2.1 Objetivo General.....	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 Marco de referencia.....	4
1.3.1 Suministro de energía en Colombia.....	4
1.3.2 Energías alternativas en Colombia	9
1.3.3 Energía solar fotovoltaica en Colombia	10
1.3.3.1 Proyectos instalados en Colombia	16
2. METODOLOGÍA.....	17
3. DESARROLLO DEL PROYECTO	19
3.1 Cadena De Suministro.....	19
3.1.1 Participantes de la Cadena De Suministro.....	20
3.1.2 Tipos de Cadenas de Suministro.....	22
3.1.3 La cadena de suministro para la energía solar fotovoltaica a nivel mundial	25
3.1.4 Participantes en la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica en Colombia	27
3.1.5 Relaciones entre los participantes de la cadena.....	32
3.1.6 Variables que afectan la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica en Colombia	38
3.2 Simulación para verificar modelo de cadena de suministro	43

3.2.1	Selección de regiones	43
3.2.2	Determinación del consumo de energía en un hogar.....	47
3.2.3	Cálculo de cantidad de paneles necesarios.....	49
3.2.4	Importación de Paneles solares.....	51
3.2.5	Transporte a regiones seleccionadas	53
3.2.6	Costo de mano de obra de instalación.....	54
3.2.7	Resumen costos.....	55
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	56
4.1	objetivo específico 1:	56
4.2	objetivo específico 2:	56
4.3	objetivo específico 3:	57
4.4	objetivo específico 4:	59
5.	CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES	60
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	62
7.	ANEXOS	67

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Principales agentes generadores de energía eléctrica	5
Tabla 2: Proyección de la generación eléctrica	7
Tabla 3. Procesos necesarios para la instalación de un sistema de energía solar fotovoltaico	30
Tabla 4. Inversiones en las regiones seleccionadas	43
Tabla 5. Consumo energético medio mensual de los hogares en Colombia	47
Tabla 6. Porcentaje de uso de electrodomésticos en Colombia	48
Tabla 7. Temperaturas medias regiones seleccionadas	48
Tabla 8. Horas al día de luz solar en regiones seleccionadas.....	49
Tabla 9. Cantidad de paneles a utilizar en cada región.....	50
Tabla 10. Elementos complementarios del sistema	50
Tabla 11. Costo total del sistema de energía fotovoltaica a utilizar	52
Tabla 12. Costo de transporte del sistema a San Andrés	53
Tabla 13. Costo de transporte del sistema a El Charco	53
Tabla 14. Costo de transporte del sistema a Mitú	54
Tabla 15. Costo de Mano de obra.....	55
Tabla 16. Resumen de costos asociados	55

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Ilustración 1: Generación real de energía	6
Ilustración 2: Correlación entre el PIB y la demanda de energía.....	7
Ilustración 3: Balance de exportación	8
Ilustración 4: Subsector eléctrico de Colombia	9
Ilustración 5: Regiones no interconectadas de Colombia.....	11
Ilustración 6: Porcentaje de regiones no interconectadas	12
Ilustración 7: Energía térmica e hidráulica	12
Ilustración 8: Distribución de la población en las ZNI	13
Ilustración 9: Áreas para la prestación del servicio de energía eléctrica en ZNI	14
Ilustración 10. Cadena de suministro general para cualquier producto o servicio.	20
Ilustración 11: Cadena de suministro con Logística reversa	21
Ilustración 12. Cadena de suministro tradicional.....	22
Ilustración 13. Cadena de suministro EPOS	23
Ilustración 14 Cadena de suministro sincronizada	24
Ilustración 15. Aumento en la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en el mundo.	25
Ilustración 16. Producción anual de Células Solares a Nivel Mundial	29
Ilustración 17. Representación de la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica en Colombia.	32
Ilustración 18. Principales productores de módulos Fotovoltaicos en el mundo a 2010 ...	34
Ilustración 19. Cadena de suministro interna de empresa de distribución.....	37
Ilustración 20. Disminución del precio (\$/watt) de la energía solar fotovoltaica los últimos años.....	40

Ilustración 21. Ubicación San Andrés	44
Ilustración 22. Ubicación Mitú	45
Ilustración 23. Ubicación El Charco	46

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1 SISTEMA BÁSICO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	67
Anexo 2. ENTREVISTA A MAURICIO ACOSTA HYBRYTEC.....	71
Anexo 3. LEGISLACION COLOMBIANA SOBRE ENERGIA ELECTRICA	72
Anexo 4. SIMULADOR DE COSTOS LOGÍSTICOS DE IMPORTACIÓN	85

RESUMEN

En la actualidad, Colombia cuenta con empresas comercializadoras de paneles fotovoltaicos que se adaptan a distintas necesidades de suministro de energía, pero aún así se puede afirmar que es un tema aún muy nuevo para el país, y es por esto que hoy en día no se tiene un análisis adecuado de la cadena de suministro para la energía solar fotovoltaica en Colombia.

Un adecuado análisis provee un apoyo para productores, proveedores, distribuidores y clientes que quieren generarle valor a sus empresas gracias a este nuevo concepto de energía renovable. Con el análisis de la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica es más fácil conocer e identificar necesidades y requerimientos de cada uno de los actores que intervienen en la cadena, así como también llegar a identificar los problemas o faltantes que están impidiendo la adecuada implementación de la energía solar en Colombia.

Para configurar la cadena de suministro, se hizo necesario primero determinar tres regiones del país, que por sus condiciones de vida actuales, pudieran verse realmente beneficiadas por los resultados de un proyecto como este, y que sirvieran de modelo para otras regiones alejadas de Colombia en un futuro. Las regiones seleccionadas fueron San Andrés, El Charco (Nariño) y Mitú (Vaupés). Después de esto, se analizó la condición en la que actualmente se encuentra cada una de las partes de este proceso, etapa en la que se debió entender qué está funcionando bien en cada una de las etapas, y que partes no lo están haciendo. Para conseguirlo fue importante construir una relación de trabajo constructiva con algunas de las personas que hacen parte del proceso, y que de una u otra manera, con la experiencia de su trabajo, permitieron recopilar información útil para el desarrollo del proyecto.

Por otro lado, y complementando lo dicho anteriormente, se tuvo en cuenta el escenario legal, geográfico y social que envuelve todo el proceso de la cadena, y del cual dependió la forma en que fue desarrollándose toda la investigación.

Al final, los resultados dejan una buena configuración de cómo debe ser la cadena de suministro para la energía fotovoltaica en las tres regiones mencionadas anteriormente, lo cual sirve de ejemplo para ser replicado en cualquier región alejada del país.

Palabras clave: Energía solar fotovoltaica, cadena de suministro, Colombia.

ABSTRACT

Renewable energy is the new global megatrend, which is already being used by countries like Spain, Germany, China and the United States. Colombia, in order to become a more competitive country, cannot be removed from this megatrend and should join it. Appear then a large number of development opportunities in Colombia, since it offers the ideal conditions for the implementation of solar energy systems.

Currently, Colombia has companies which distribute photovoltaic panels that adjust themselves to the different energy supply requirements, but we can say, that we are still talking about a very new topic to the country, and that is why even now there is not an adequate analysis of the supply chain for solar energy in Colombia.

A proper analysis provides support for producers, suppliers, distributors and customers who want to generate value to their businesses through this new concept of renewable energy. With the analysis of the supply chain of solar energy it is easier to understand and identify needs and requirements of each of the actors involved in the chain. Besides, it helps understanding and identifying problems or gaps that are preventing the appropriate implementation of solar energy in Colombia

To configure the supply chain, it was necessary first to choose three regions, that because of their current living conditions, could be really benefited by the results of a project like this one, and that could be used as model for other remote regions of Colombia in the future. After that, it was necessary to analyze the current condition of each of the parties of this process and to understand what is running well on each of the stages, and which parts are not doing. To achieve it, it was important to build a constructive working relationship with some of the people that are part of the process, and that in one way or another, with the experience of their work, allowed us to collect useful information for the development of the project.

In addition, and to complement the above lines, we took into account the legal, geographical and social scenarios that involve the entire supply chain process.

In the end, the results are a good base of how should be the supply chain for solar energy in the three regions mentioned above, which serves as an example to be replicated in any remote region of the country.

Key words: Solar energy, supply chain, Colombia

INTRODUCCIÓN

En Colombia, a finales del siglo XIX se empezó a prestar el servicio de energía eléctrica, cuando miles de habitantes de la capital del país vieron cómo se esparcía la luz de un centenar de lámparas que iluminaban las calles de Bogotá. Este hecho fue el resultado de la iniciativa de inversionistas privados, quienes crearon las primeras empresas que tenían como finalidad generar, distribuir y vender electricidad. Desde entonces, la energía eléctrica ha jugado un papel fundamental en el desarrollo del país, extendiéndose desde su punto de inicio, el alumbrado público, hasta los alcances que tiene hoy en día, en hogares, fábricas, y medios de transporte; Sin ella, la vida no sería como la conocemos en la actualidad.

Desde sus inicios, la forma de obtener energía eléctrica en el país ha evolucionado constantemente, centrándose principalmente en las fuentes hidroeléctricas, que actualmente generan el 65% de la energía total de la nación.

A pesar de esto, y de los grandes esfuerzos y proyectos realizados, nuestro país está hoy lejos de ser uno de los mayores productores de energía eléctrica a nivel mundial, ocupando, según la CIA World Factbook, el puesto 45, entre 210 países productores, con una producción anual de 56,900 GWh, y muy por debajo de los países más productores, como Estados Unidos (4,325,900 GWh), China (4,206,500 GWh), y Japón (1,145,300 GWh).

Por otro lado, de algunos años para acá, y buscando ponerle freno al cambio climático, las fuentes de energía renovable han tenido un protagonismo importante a nivel mundial, consolidándose como una nueva alternativa de producción de energía. Entre este tipo de fuentes se encuentra la energía fotovoltaica, más conocida como energía solar.

La energía solar fotovoltaica es un tipo de electricidad renovable obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o en palabras más sencillas, es la transformación directa de la radiación solar en electricidad, que se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos.

Colombia, a pesar de tener condiciones ideales para la generación de energía por medio de paneles solares, debido a sus altos niveles de radiación solar, es un país que todavía no explota de forma adecuada esta tecnología, como si lo están haciendo ya otros países.

“La capacidad instalada de energía solar en Alemania es casi el doble a la capacidad eléctrica total de Colombia.” (*Dinero, Energía solar, una opción para tomar en serio, 2012*)

Datos como este, demuestran lo atrasado que se encuentra nuestro país con respecto al tema de la energía fotovoltaica. Y es ahí, donde se encuentra el problema principal que se quiere desarrollar.

Las explicaciones para justificar este atraso no están aún claras, pero lo que sí se puede identificar, es que por ahora, no hay una buena gestión de la cadena de suministros que le permita a esta tecnología llegar a todos los rincones del país.

En la actualidad, Colombia cuenta con una capacidad instalada de 6MW de energía solar, de los cuales más del 50% están destinados a llevar energía a las zonas rurales más apartadas, donde la energía convencional terrestre no ha llegado. Según cifras del IPSE (Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las zonas No Interconectadas), a octubre de 2012, las zonas no interconectadas corresponden al 52% del territorio nacional, 17 departamentos, 5 capitales departamentales, 39 cabeceras municipales, 112 municipios y 1.441 localidades (*Dinero, Energía solar, una opción para tomar en serio, 2012*). Son estas zonas rurales, debido a sus condiciones, las que ven la energía solar como una solución a sus necesidades energéticas.

Con la aparición de nuevas empresas productoras e importadoras de celdas fotovoltaicas dentro del país, se puede decir que la energía solar está buscando expandir su mercado en Colombia, no sólo llegando a zonas rurales apartadas, sino también buscando llegar a hogares, empresas e industrias como una nueva alternativa de suministro de energía.

Se hace necesario entonces, para asegurar la consolidación en Colombia de la energía solar fotovoltaica, la clara definición de los elementos que componen la cadena de suministro y como ellos se comunican para lograr una efectiva implementación de este nuevo concepto que llega al país.

1. PRELIMINARES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La energía renovable es la nueva megatendencia mundial en la cual ya se apuntaron países como España, Japón, Alemania, China y Estados Unidos. Colombia, en miras a convertirse en un país más competitivo, no puede ser ajeno a esta megatendencia y debe incorporarse a ella. Aparecen entonces un gran número de oportunidades de desarrollo en Colombia, ya que se cuenta con las condiciones ideales para la implementación de energía solar fotovoltaica.

Entender cómo está configurada la cadena de suministro puede significar un gran apoyo para todos los involucrados en la industrial solar fotovoltaica en Colombia. Con un análisis de la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica será más fácil conocer e identificar necesidades y requerimientos de cada uno de los actores que intervienen en la cadena, así como también se podrá llegar a identificar problemas o faltantes que estén impidiendo la adecuada implementación de la energía solar en Colombia.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 Objetivo General

Establecer las bases para configurar la cadena de suministro para la comercialización de sistemas de energía fotovoltaicos en Colombia.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar los distintos actores que participan en la cadena de suministro de la energía fotovoltaica en Colombia.
- Definir las relaciones e interacciones que existen o podrían existir entre los participantes de la cadena.
- Identificar las variables más importantes que afectan la cadena de suministro de la energía fotovoltaica en Colombia.
- Verificar la adecuación del sistema propuesto usando una simulación.

1.3 MARCO DE REFERENCIA

1.3.1 Suministro de energía en Colombia

Colombia consta de dos tipos de regiones según el suministro de energía. El 96 % constituyen el sistema de interconexión nacional (SIN) y el 4 % restante lo constituyen las zonas no interconectadas de Colombia (ZNI), el cual abarca a dos tercios del territorio nacional (Wikipedia, 2012). La cobertura eléctrica es del 93 % en áreas urbanas y 55 % ciento en áreas rurales. Alrededor de 1,3 millones de personas todavía no tienen acceso a electricidad (Cárdenas, 2011).

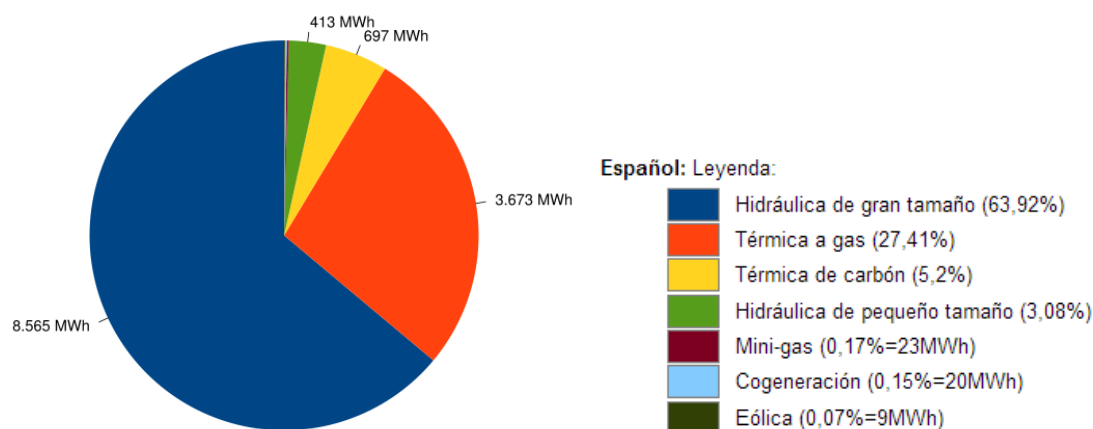
Las Leyes 142 (ley de servicios públicos) y la ley 143 (ley de electricidad) de 1994 definieron un marco regulativo para desarrollar un mercado competitivo que permitió la entrada al sector energético de entidades privadas, evitando costos al Estado y liberando recursos para otras actividades (Correa, 2007; Wikipedia, 2012).

Participan en el sector eléctrico agentes económicos entre públicos, privados o mixtos. El esquema institucional del sector está conformado por: (Correa, 2007):

- El Ministerio de Minas y Energía: es la máxima autoridad del sector; define las políticas y líneas de acción.
- La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME): tiene a su cargo el plan de expansión del sistema de transmisión nacional.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG): cuenta a su vez con dos entidades, el Comité Asesor de Comercialización (CAC) y el Consejo Nacional de Operación (CON).

El mercado energético nacional está constituido por cuatro agentes: (Correa, 2007)

- Generadores: causan la energía eléctrica a partir de fuentes primarias. El sector eléctrico en Colombia está mayormente dominado por generación de energía hidráulica (64% de la producción) y generación térmica (33%) (UPME, Boletín estadístico de minas y energía 1990-2010, 2010). El 55% de la participación en la generación corresponde al sector público.



- Los principales agentes generadores se muestran en la siguiente tabla:

Agente	Energía GWh/ 2007-2008	Firme año	Participación Energía firme
EN1GESA	12.918		20,0%
ERM+a-IEC	12.636		19,5%
GECELCA	10.250		15,8%
I SkGEN	8.291		12,8%
EFS k	3.346		5,2%
AESCHIVCR	2.933		4,5%
GEI4SA	2.601		4,0%
T1OCANDELARA	2.578		4,0%
113310FLCEES	2.195		3,4%
TERN OSA CALI	1.758		2,7%
MER LECTR CA	1.408		2,2%
TERMOTASABRO	1.353		2,1%
URRA	718		1,1%
PRZELECTR CA	710		1,1%
OTROS	1.037		1,6%
	64.732		100,0%

Tabla 1: Principales agentes generadores de energía eléctrica

Tomado de (ANDESCO, 2010).

- Transportadores: son los agentes que transmiten la energía generada a los centros de distribución. Empresas como ISA, Transelca, EPM, EEB y EPSA, conforman el gremio de propietarios de las redes.

- Distribuidores: agentes que se encargan de distribuir la energía a los centros rurales y urbanos. Empresas como EPM, Codensa, Electricaribe, EPSA y Emcali, conforman el gremio de distribuidores.
- Comercializadores: hacen su aparición en los agentes anteriores. Compran energía al generador para posiblemente venderla, arriendan redes a los transportadores y por medio de los distribuidores buscan llegar al usuario final.

Para el año 2.009 había en el país 72 comercializadores, 34 distribuidores y 9 transportadores (UPME, Boletín estadístico de minas y energía 1990-2010, 2010).

En 2005 el consumo eléctrico total fue de 48,8 TWh, lo que corresponde a un consumo de energía promedio per cápita de 828 KWh por año. El consumo por sector se divide así: residencial 42,2 %, industrial 31,8 %, comercial 18 %, oficial 3,8 %, otros usos 4,3% (Wikipedia, 2012).

La generación real de energía (en GWh) entre 2.003 y 2.009 se muestra en la siguiente gráfica:

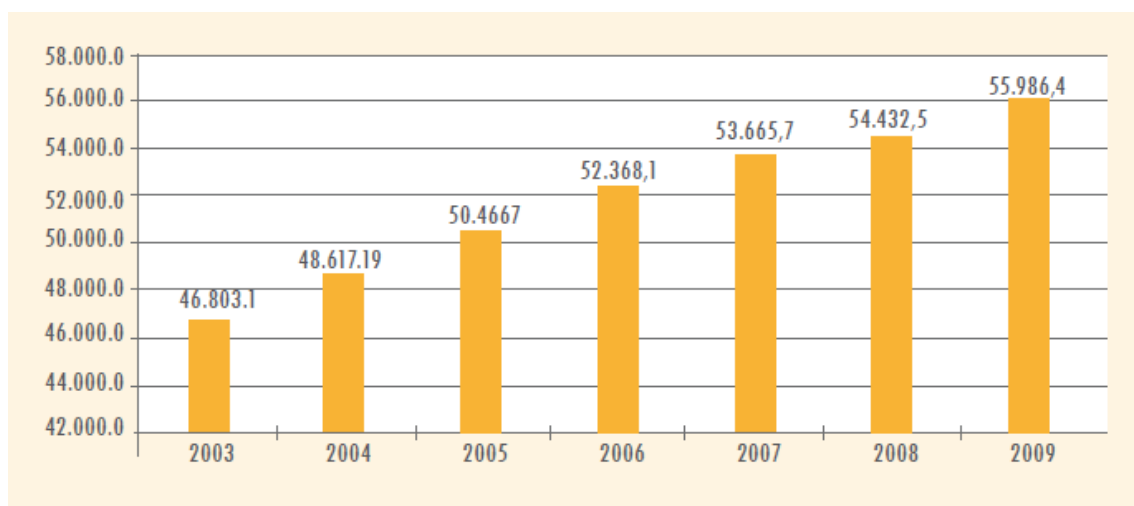


Ilustración 1: Generación real de energía

Tomado de (UPME, Boletín estadístico de minas y energía 1990-2010, 2010).

La proyección en generación eléctrica (en GWh) se muestra a continuación. La caída en la generación térmica hacia el 2.020 se relaciona con la entrada en funcionamiento de megaproyectos hidroeléctricos.

Año	Generación	
	Hidroeléctrica	Térmica
2010	44.754,26	11.063,49
2011	44.657,45	12.754,11
2012	50.221,63	9.131,61
2013	46.432,32	14.732,33
2014	51.852,31	11.316,08
2015	53.236,77	12.379,40
2016	52.737,61	15.089,67
2017	57.116,86	13.015,53
2018	61.433,26	11.169,14
2019	61.291,39	13.678,19
2020	68.830,98	8.982,59
2021	71.903,10	8.817,05

Tabla 2: Proyección de la generación eléctrica

Tomado de (UPME, Boletín estadístico de minas y energía 1990-2010, 2010).

Correlación entre el PIB y Demanda de Energía Serie 2005 a 2009

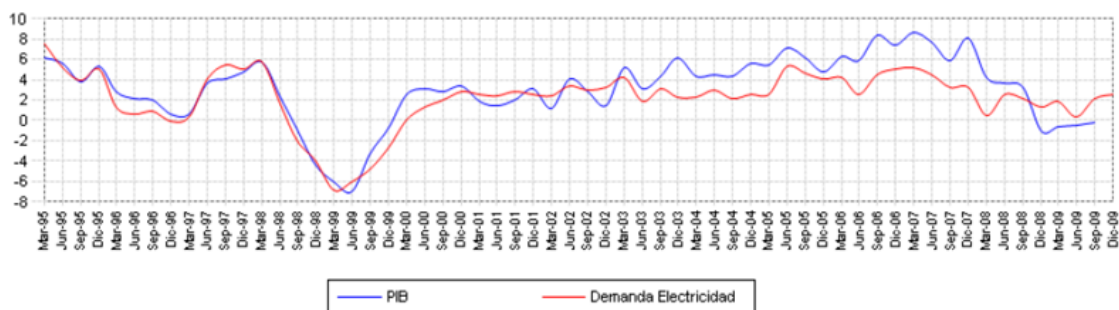


Ilustración 2: Correlación entre el PIB y la demanda de energía

Tomado de (ANDESCO, 2010).

Colombia es el país con la infraestructura energética más eficiente de Latinoamérica (ANDESCO, 2010). Cuenta con una infraestructura de interconexión que tiene una capacidad de 250 MW con Venezuela (el intercambio potencial es de 1000 MW) y 260 MW con Ecuador (el intercambio potencial es de 400 MW). En la actualidad se desarrolla un proyecto de interconexión eléctrica Colombia-Panamá, lo que permitiría dar lugar a un corredor energético panamericano (Correa, 2007). El balance de exportaciones (en GWh) de los últimos años es el siguiente:

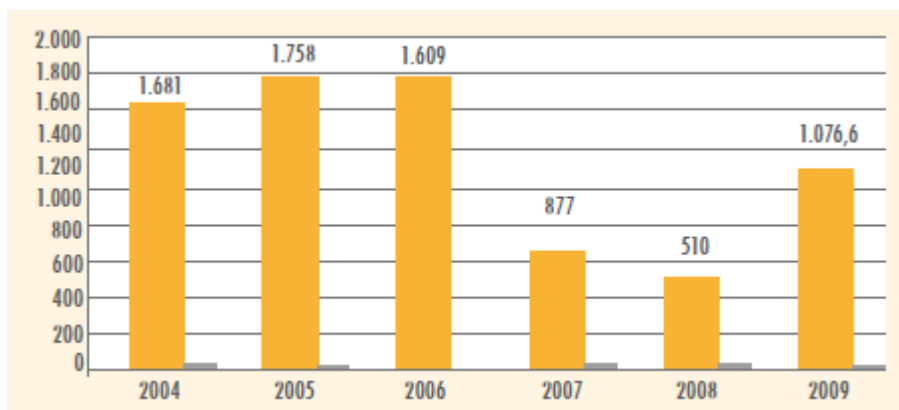


Ilustración 3: Balance de exportación

Tomado de (UPME, Boletín estadístico de minas y energía 1990-2010, 2010).

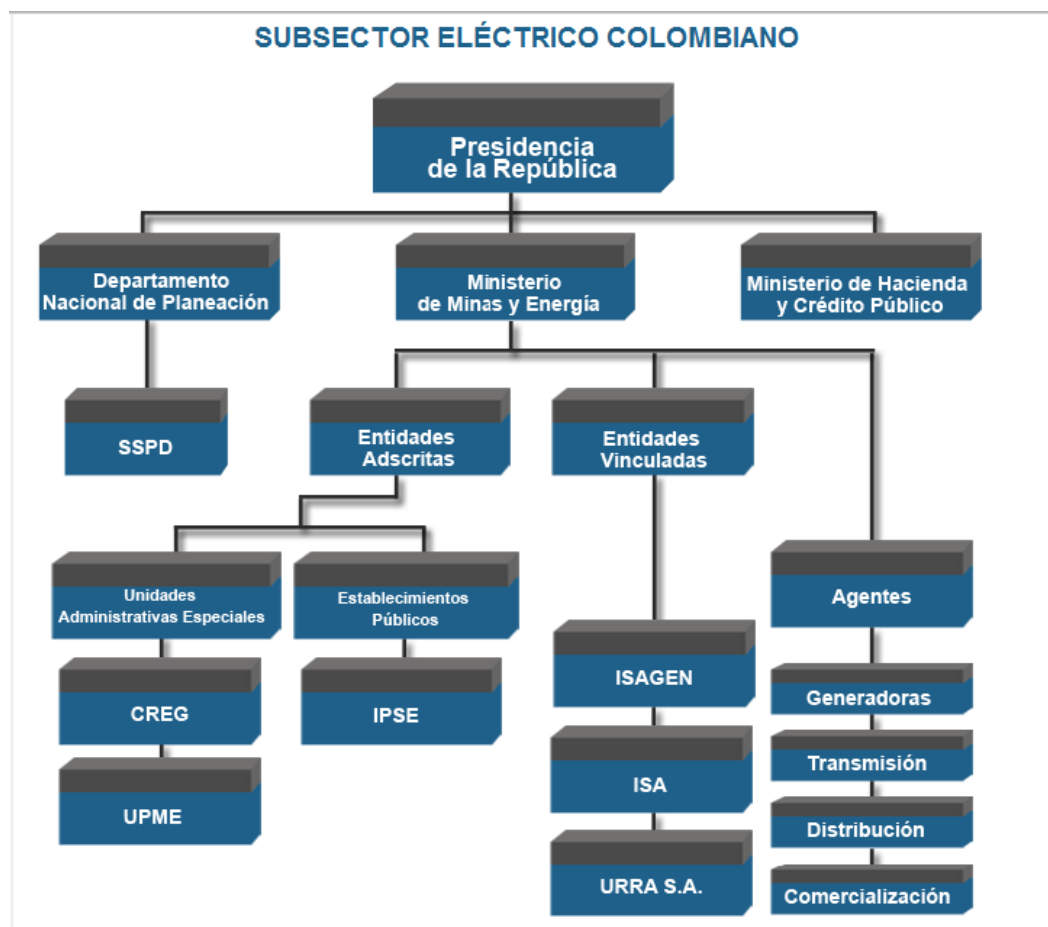


Ilustración 4: Subsector eléctrico de Colombia

(UPME, Boletín estadístico de minas y energía 1990-2010, 2010)

1.3.2 Energías alternativas en Colombia

Colombia ocupó el séptimo puesto del ranking de 26 países que mayores esfuerzos han realizado para fomentar el crecimiento de la energía limpia o de bajo carbono en América Latina y el Caribe.

<http://www.portafolio.co/economia/colombia-septima-energia-verde-paises-la-region>

Junio 18 2012

Las energías alternativas o renovables son las que aprovechan directamente recursos considerados inagotables como el sol, el viento, los cuerpos de agua, la

vegetación o el calor interior de la tierra. Las energías renovables cubren actualmente cerca del 20% del consumo mundial de electricidad (Ministerio de Educación, s.f.).

La capacidad instalada en Colombia de energías renovables es de 28,1 MW y se distribuye así: energía fotovoltaica 6 MW, pequeñas hidroeléctricas 2,6 MW y energía eólica 19,5 MW. (Wikipedia, 2012)

El país cuenta con cinco proyectos de energías limpias a los cuales se les reconoce su valor ambiental, financiero e institucional. Estos son (Correa, 2007):

- Proyecto Multipropósito Central Agua Fresca: genera energía a filo de agua empleando el recurso del Río Piedras (Jericó, Antioquia). Tiene la capacidad de generar 7,5 MW.
- Parque Eólico Jepirachi: genera energía eléctrica por medio de aerogeneradores.
- Hidroeléctrica Santa Ana: aprovecha la caída de agua del embalse San Rafael, el cual abastece de agua potable a Bogotá.
- Proyecto sombrilla de sustitución de combustibles en Bogotá y Cundinamarca: busca reemplazar el uso de combustibles fósiles líquidos usados en la industria por gas natural.
- Proyecto Hidroeléctrico La Vuelta y La Herradura: genera energía a filo de agua en el nordeste antioqueño.

El gran potencial del país en nuevas tecnologías de energía renovable (principalmente eólica, solar y biomasa) comienza entonces a explorarse.

1.3.3 **Energía solar fotovoltaica en Colombia**

Colombia es un país rico en recursos y con una gran diversidad, pero aún, con una gran pobreza que afecta a la sociedad del país. Uno de los sectores que ha luchado fuertemente por la pobreza de Colombia es el sector energético siendo éste fuente de trabajo y proporcionándole energía a gran parte de la población. Colombia consta de dos tipos de regiones según el suministro de energía. El 96 por ciento de la población constituyen el sistema de interconexión nacional (SIN) Y el 4 por ciento constituyen las zonas no interconectadas de Colombia ZNI, el cual constituye dos tercios del territorio nacional a la cual no se le ha satisfecho una necesidad energética. (Wikipedia, 2012)

La zonas no interconectadas de Colombia (ZNI) obtienen energía eléctrica a partir de pequeños generadores diésel, muchos de los cuales no están en buen funcionamiento y no cuentan con especialistas para su mantenimiento,

este medio de producción de energía es altamente contaminante y no cuenta con el respaldo de ninguna empresa que preste el servicio de mantenimiento e instalación. (Wikipedia, 2012)

Al ser la energía fotovoltaica proveniente de un recurso inagotable como es el sol, la utilización de esta energía en Colombia ayudara abasteciendo aquellas poblaciones que carecen de energía. No se pretende reemplazar los sistemas de energía ya existentes (energía hidraulica y energia termica), si no brindar una solución confiable, amigable con el medio ambiente y rentable, a las carencias energeticas ya existentes del pais y no dejando solo como segunda opción la energía térmica. (Wikipedia, 2012)

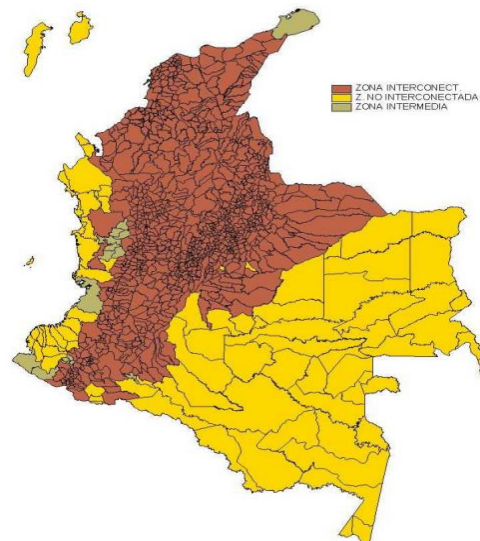


Ilustración 5: Regiones no interconectadas de Colombia

Fuente: (ACOLGEN, 2012)

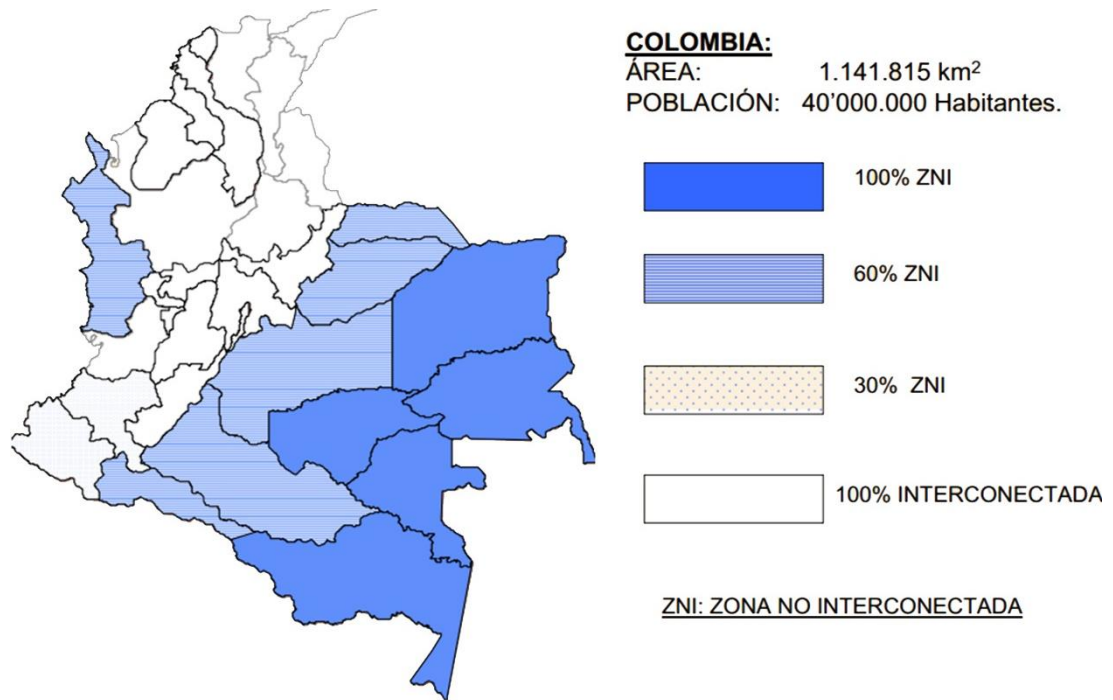


Ilustración 6: Porcentaje de regiones no interconectadas

Fuente: (ACOLGEN, 2012)

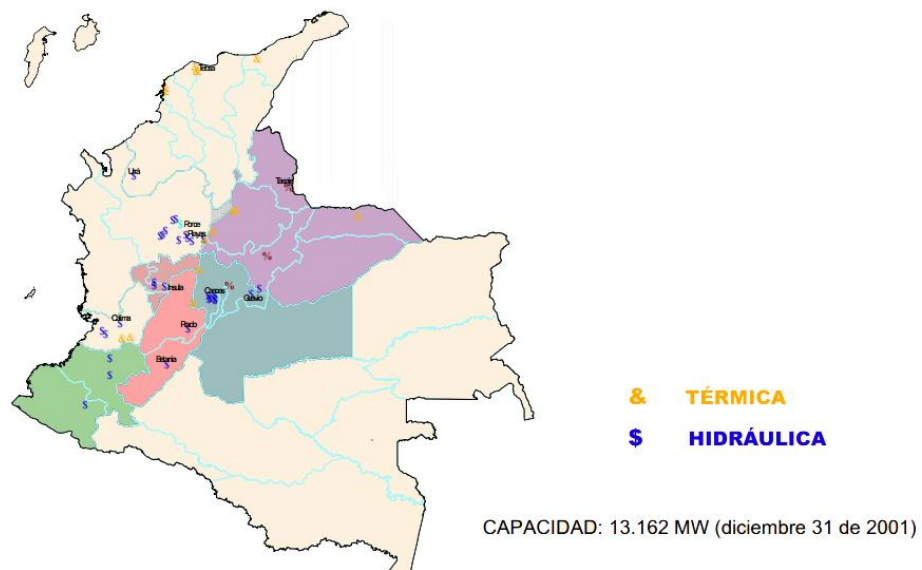


Ilustración 7: Energía térmica e hidráulica

Fuente: (ACOLGEN, 2012)

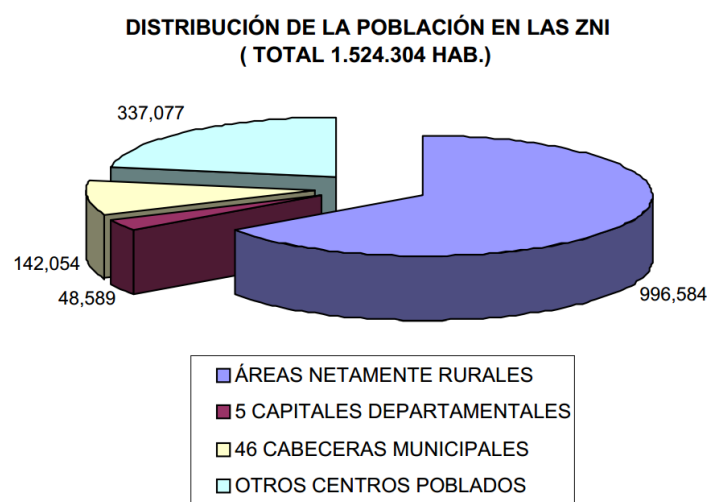


Ilustración 8: Distribución de la población en las ZNI

Fuente: (ACOLGEN, 2012)

Áreas para la prestación del servicio de energía eléctrica en ZNI

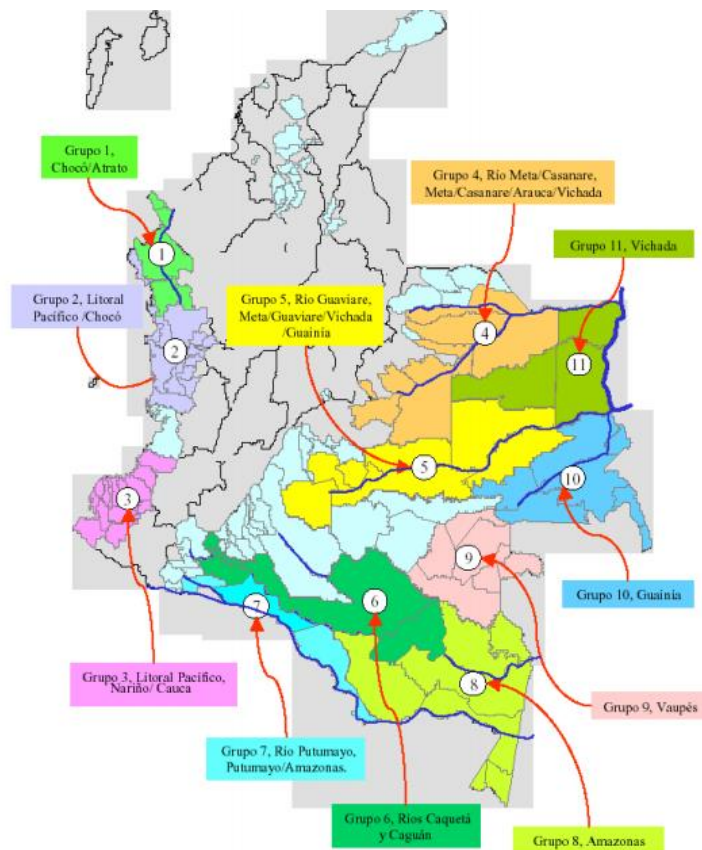


Ilustración 9: Áreas para la prestación del servicio de energía eléctrica en ZNI

Fuente: (ACOLGEN, 2012)

○ **Análisis DOFA de la energía solar en Colombia:**

Debilidades:

- Es una fuente intermitente de energía.
- Baja densidad de potencia: se necesita una mayor extensión de equipos de conversión (un área grande de celdas fotovoltaicas).
- Se trata de una industria naciente que requiere de una alta inversión inicial.

- A pesar de que existe una ley sobre el uso racional de energía, no hay un programa nacional de desarrollo de las fuentes de energías nuevas y renovables.

Oportunidades:

- En zonas rurales remotas la generación solar de energía resulta más económica en el largo plazo.
- No existe un mercado de módulos solares en el que se preste atención y servicio al usuario.
- Un número grande de familias carecen de energía eléctrica en zonas remotas y aisladas.
- Se tiene conocimiento de la cantidad de radiación solar que incide en el país.
- Hay iniciativas gubernamentales en el financiamiento de proyectos de inversión en infraestructura energética en las zonas no interconectadas las cuales facilitan la participación del sector privado.

Fortalezas:

- Energía renovable de una fuente inagotable.
- Interés desde la academia y existencia de grupos de investigación en el tema.
- La importancia y el reconocimiento de energías alternativas frente al impacto ambiental causado por el uso de combustibles fósiles y el agotamiento de sus reservas.
- Energía no contaminante
- Inagotable
- Sistema apropiado para ZNI
- Fácil mantenimiento
- Costo disminuye a medida que la tecnología va avanzando. (IPSE)

Amenazas:

- Dificultades de orden público pueden interferir con el desarrollo del mercado.
- Dependencia de tecnologías foráneas

1.3.3.1 Proyectos instalados en Colombia

En la actualidad, son pocos los proyectos que están ya instalados y en funcionamiento en regiones apartadas del país.

A pesar de esto, hay un proyecto que por su naturaleza y similitud a lo que concierne a este proyecto, vale la pena ser mencionado: El proyecto de energía solar que el gobierno nacional, junto con el IPSE, llevaron a cabo en la Sierra Nevada de Santa Marta, y por medio del cual se vieron beneficiados siete comunidades que forman parte de las etnias Wiwa, Kogui y Arhuacos. Con este proyecto, se está garantizando la prestación del servicio las 24 horas del día, y se está ayudando a que la población se beneficie con luz eléctrica para escuelas y centros médicos, esto último es de vital importancia puesto que el acceso a un flujo continuo de electricidad permite conservar vacunas y medicamentos en refrigeradores.

Estos nuevos sistemas empezaron a funcionar en octubre de 2013, y solo con el tiempo se podrán ver los verdaderos beneficios que esta iniciativa traiga consigo.

2. METODOLOGÍA

- Objetivo 1: Identificar los distintos actores que participan en la cadena de suministro de la energía fotovoltaica en Colombia:
 1. Se hizo una visita a MELCO (Mitsubishi de Colombia), empresa que por los planes de comercialización que tiene a futuro con la energía fotovoltaica, compartió valiosa información acerca de los actores de la cadena que ya ellos tenían identificados.
 2. Se hizo una visita a Hybrytec, empresa dedicada a la instalación de paneles solares, dónde se entendió quiénes eran los fabricantes, y de donde provenían hoy en día las diferentes materias primas para la instalación de paneles.
 3. Se identificaron los diferentes procesos que tenía la cadena de suministro, basados en la información suministrada por MELCO y Hybrytec.
 4. Se definió el número de empresas independientes que participan en el proceso en sus diferentes etapas: generación, transporte, distribuidores y comercializadores.
- Objetivo 2: Definir las relaciones e interacciones que existen o podrían existir entre los participantes de la cadena:
 1. Se determinó el flujo de información y de materiales entre los participantes de la cadena
 2. Se definió el tipo de cadena de suministro, entre los modelos existentes, a la que la cadena de suministro de la energía solar es más afín.
 3. Se identificó la forma en que cada una de las partes de la cadena toma sus decisiones, para entender si dependían de algún otro de los participantes de la misma.
 4. Se estudiaron las responsabilidades que tiene cada participante con base en lo que cada uno debe hacer con respecto al distribuidor.
- Objetivo 3: Identificar las variables más importantes que afectan la cadena de suministro de la energía fotovoltaica en Colombia
 1. Se hizo un análisis PEST del entorno general de la cadena de suministro, dónde se tuvieron en cuenta cada una de las variables que actualmente ejercen alguna influencia sobre la cadena de suministro.

- Objetivo 4: Verificar la adecuación del sistema propuesto usando una simulación.
 1. Se seleccionaron 3 regiones distintas en el país
 2. Se calculó el consumo promedio de energía de un hogar
 3. Se diseñó el sistema apropiado para el consumo promedio de un hogar
 4. Se calcularon los costos de importación, transporte y mano de obra.

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Cadena De Suministro

El concepto de cadena de suministro surgió en la década de los 80 y fue mencionado primero por Keith Oliver, quien lo utilizó en una entrevista para The Financial Times, aunque no fue hasta la década de los 90's cuando el término cobró fuerza, cuando empezó el boom de la globalización. El término ha evolucionado y hemos llegado hoy en día a hablar de la gestión de la cadena de suministro (supply chain management), la cual se ha convertido en una herramienta muy poderosa que permite disminuir costos, obtener ventajas competitivas, optimizar recursos, aumentar controles e integrar y mejorar las sinergias de las empresas, ya sea internamente o con otras empresas.

A continuación se listan algunas de las definiciones más utilizadas para la cadena de suministro:

"La cadena de suministro engloba los procesos de negocio, las personas, la organización, la tecnología y la infraestructura física que permite la transformación de materias primas en productos y servicios intermedios y terminados que son ofrecidos y distribuidos al consumidor para satisfacer su demanda." (PILOT)

"La Cadena de suministro, incluye todas las actividades relacionadas con el flujo y transformación de bienes y productos, desde la etapa de materia prima hasta el consumo por el usuario final." (Universidad Nacional de Colombia)

"La Cadena de Suministro eslabona a muchas compañías, iniciando con materias primas no procesadas y terminando con el consumidor final utilizando los productos terminados." (Council of Supply Chain Management Professionals)

"Todos los proveedores de bienes y servicios y todos los clientes están eslabonados por la demanda de los consumidores de productos terminados al igual que los intercambios materiales e informáticos en el proceso logístico, desde la adquisición de materias primas hasta la entrega de productos terminados al usuario final." (Council of Supply Chain Management Professionals)

"La cadena de suministros es el conjunto de procesos para posicionar e intercambiar materiales, servicios, productos semiterminados, productos terminados, operaciones de posacabado logístico, de posventa y de logística inversa, así como de información, en la logística integrada que va desde la procuración y la adquisición de materia prima hasta la entrega y puesta en servicio de productos terminados al consumidor final." (Antún, 2000)

3.1.1 Participantes de la Cadena De Suministro

Así como una cadena se compone de eslabones, la cadena de suministro está compuesta por cada uno de sus participantes, el cual tiene un rol clave en el proceso de llevar una materia prima hasta ser transformado en un producto o servicio.

Tradicionalmente se hablaba de 4 o 5 componentes que integran la cadena de suministro: proveedores, productores, transportadores y/o distribuidores y clientes finales. Se decía que la cadena de suministro consistía entonces en el flujo de información, dinero, materiales, productos y servicios a través de ellos.

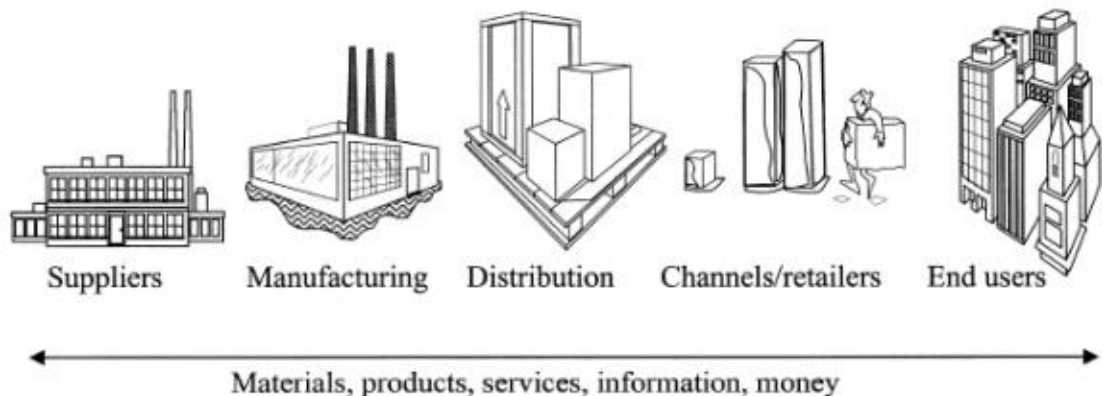


Ilustración 10. Cadena de suministro general para cualquier producto o servicio.

Fuente (InLog)

Los participantes comunes de una cadena de suministro son:

Proveedores: Son los primeros miembros de la cadena. Generalmente suelen trabajar con commodities.

Fabricantes o Productores: Son aquellos que se encargan de transformar la materia prima proveniente de los proveedores en el producto final que le llegará al consumidor.

Distribuidores: Son los que se encargan de llevar el producto hecho por el fabricante hasta el cliente final que lo usará. Se dividen en dos tipos:

Mayoristas: Distribuidores que compran grandes cantidades de producto para luego venderlo en menor cantidad. Compran directamente al fabricante

Minoristas: Distribuidores que compran pequeñas cantidades de producto para vender al detalle directamente al cliente final. Suelen comprar directamente a los fabricantes o a los distribuidores mayoristas

Clientes finales: Es el final de la cadena. Son aquellos que compran el producto para darle el uso.

Hoy en día existe un término que viene cobrando fuerza y que poco a poco va haciendo su entrada a la cadena de suministro y su gestión, dicho término es “logística de reversa”. Este término se entiende como “todas las operaciones relacionadas con la reutilización de productos y materiales. (...) se refiere a todas las actividades logísticas de recolección, desensamblaje y proceso de materiales, productos usados y/o sus partes, para asegurar una recuperación ecológica sostenida”. (Morales)

Este concepto adiciona más eslabones a la cadena de suministro y la convierte entonces en un ciclo, que no termina en el usuario final sino que del usuario final pasa a un proceso de recolección y reciclaje para reintegrarse nuevamente a la cadena de suministro.

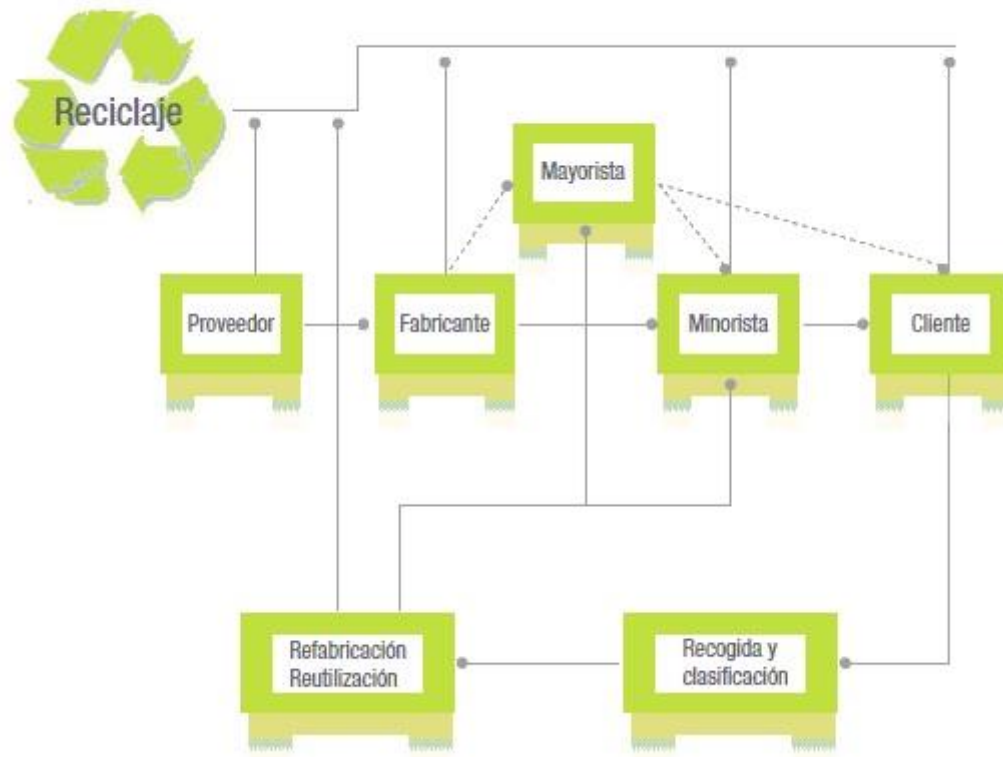


Ilustración 11: Cadena de suministro con Logística reversa

Fuente: (Morales, 2009)

Los participantes que adiciona este concepto son entonces:

Recolectores: Una vez que el cliente final ha terminado de darle el uso al producto y lo desecha, el recolector se encarga de tomar este producto y clasificarlo según su estado para entregárselo al próximo miembro de la cadena.

Refabricación o reciclaje: Se encarga de recibir y convertir el producto ya utilizado en una materia prima que reingresa a la cadena en alguno de los primeros eslabones o se convierte en materia prima de otra cadena.

3.1.2 Tipos de Cadenas de Suministro

Cadena tradicional: es una configuración descentralizada en la cual cada miembro toma sus decisiones independientemente de los otros miembros de la cadena. Las decisiones de cada miembro se basan en la información proveniente de su cliente directo. En este tipo de configuración cada miembro busca maximizar sus objetivos propios, sin importarle la situación de los otros componentes de la cadena. En este caso, el fabricante o proveedor no consideran la información proveniente del consumidor final, sino del distribuidor y basados en esta información determinan sus niveles de inventario y/o producción.

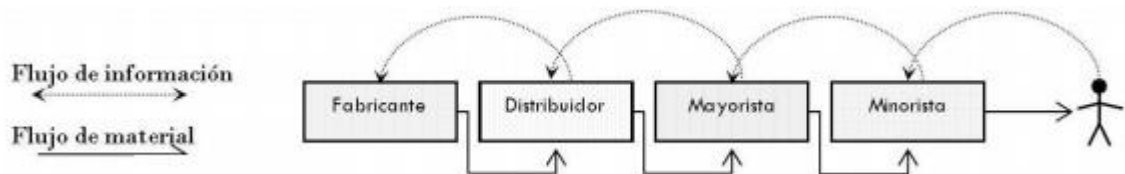


Ilustración 12. Cadena de suministro tradicional

Fuente: (Ciancimino, Cannella, Canca Ortiz, & Framiñan Torres, 2009)

Este tipo de configuración se caracteriza por la poca sinergia que existe entre los participantes, lo que resulta en una ineficiencia total de la cadena pues debido a la falta de coordinación y comunicación entre los participantes es muy factible que se presente el efecto látigo.

El efecto látigo es un fenómeno que ocurre en la cadena de suministro en el cual se confunden los términos “Just in time” con “Just in case”, para evitarse el problema de no suplir adecuadamente y a tiempo la demanda del cliente. Se tiende entonces a tener siempre en stock “un poco más” de lo que se cree será la demanda del cliente por si llegase a ocurrir algo inesperado. Este pensamiento circula hacia atrás en la cadena de suministro (desde el cliente hasta el proveedor o fabricante) y termina por producir muchos productos más que los que el cliente de verdad va a demandar, y todos estos productos quedan acumulados en la cadena de suministro

como inventario, convirtiéndose en costos, desperdicios y hasta pérdidas. Este fenómeno es muy común y se da principalmente por la falta de comunicación y sinergia entre las partes.

Cadena EPOS o “a información compartida”: Configuración descentralizada en la cual cada miembro toma decisiones y realizan sus pedidos de forma independiente. A diferencia de la tradicional, todos los miembros tienen acceso a la demanda real del cliente final y usan esta información para prever mejor la demanda de su cliente inmediato.

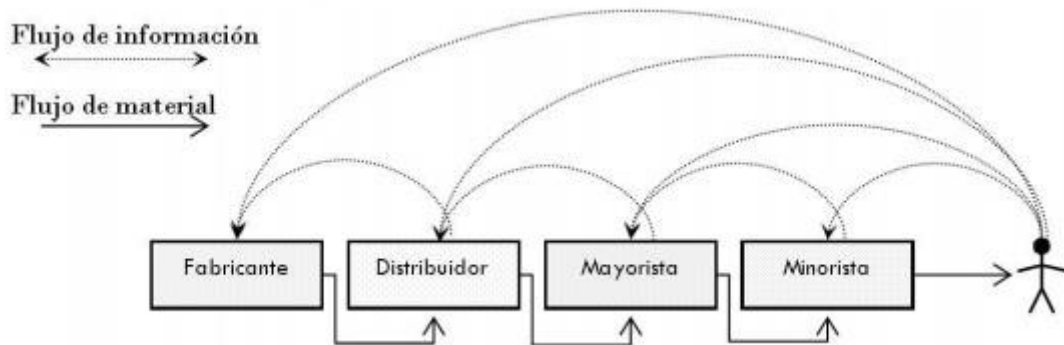


Ilustración 13. Cadena de suministro EPOS

Fuente: (Ciancimino, Cannella, Canca Ortiz, & Framiñan Torres, 2009)

Aunque en esta configuración cada miembro sigue tomando decisiones independientes, la información de las tendencias y demandas reales del mercado final mejora el flujo a través de la cadena, pues reduce los retrasos en las comunicaciones y las incertidumbres sobre los cambios en el mercado.

Cadena Sincronizada: Configuración centralizada en la cual todos los miembros tienen acceso en tiempo real a la información sobre inventarios, productos en tránsito y demanda del cliente final de cada uno de los miembros de la cadena. Lo anterior permite entonces que los pedidos se hagan de forma coordinada, tomando todos los inventarios a través de la cadena como un solo inventario.

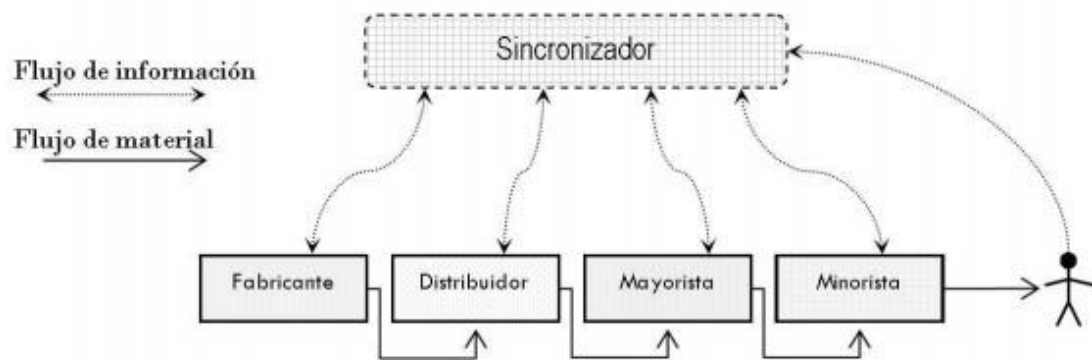


Ilustración 14 Cadena de suministro sincronizada

Fuente: (Ciancimino, Cannella, Canca Ortiz, & Framiñan Torres, 2009)

Esta configuración permite un gran nivel de sinergia entre todos los miembros de la cadena, permitiendo así disminuir el efecto látigo y permite una mayor satisfacción del cliente, pues se facilita el hecho de estar cómo y cuando el cliente los solicita. Este modelo permite también reducir costos y evitar obsolescencia de productos.

Aunque parecería obvio que el modelo a adoptar siempre debe ser el de la cadena de suministro sincronizada debido a su gran cantidad de beneficios, existen algunas características claves que impiden o hacen muy difícil la implementación de una cadena sincronizada. Algunas de estas características son:

Posición geográfica de los miembros: si dos miembros de la cadena están muy apartados esto hace que la sincronización sea difícil debido a los largos tiempos de transporte

Características del producto: Para productos no perecederos puede ser mayor la relación costo-beneficio obtenido de las economías en escala que de la sincronización.

Costos de la sincronización: aunque el beneficio puede ser grande, la sincronización requiere de una inversión que muchas veces las empresas no están en capacidad de realizar.

Confianza entre los miembros: la sincronización requiere de un nivel de confianza alto entre los miembros de la cadena, pues es difícil lograr que las empresas compartan información que consideran importante y clasificada.

3.1.3 La cadena de suministro para la energía solar fotovoltaica a nivel mundial

La energía solar fotovoltaica no es una industria muy distinta a las demás, pues requiere materias primas, procesos de manufactura y ventas y distribuciones. La energía solar fotovoltaica es una industria que ha presentado un crecimiento grande y se muestra como una industria muy llamativa para inversionistas. En 2009 la capacidad instalada mundial era de 23GW, un año después esta capacidad incrementó hasta 40GW y en el 2011 había sobrepasado los 69GW. Esta capacidad es capaz de producir 85TWh cada año, lo cual es suficiente para alimentar las necesidades eléctricas de más de 20 millones de hogares en el mundo. (EPIA, 2012)

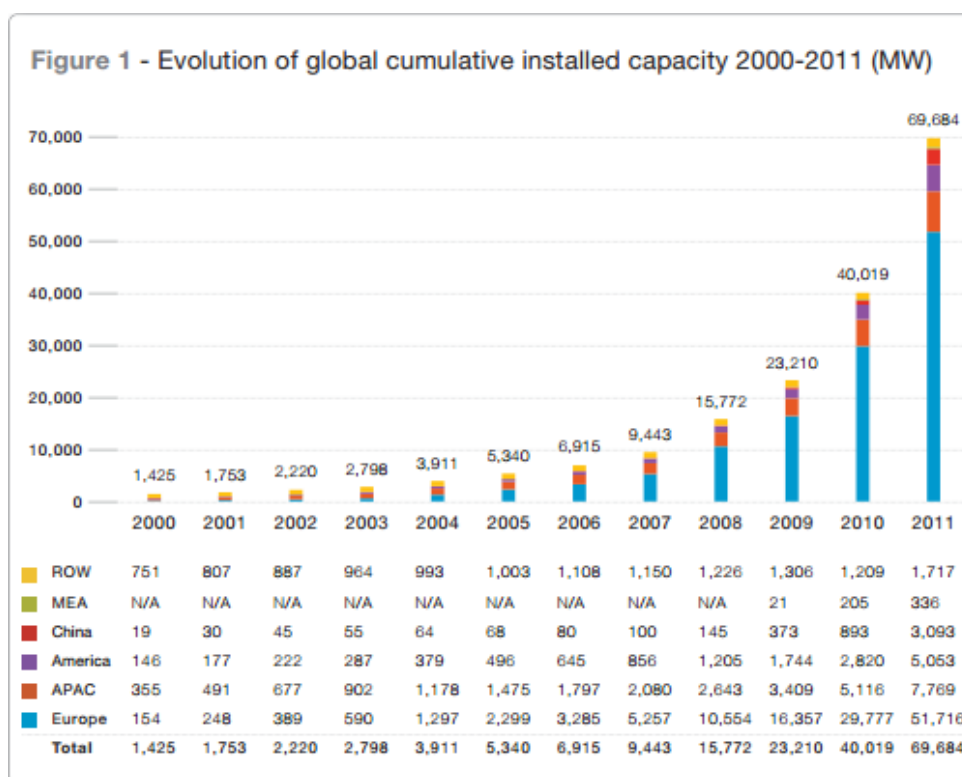


Ilustración 15. Aumento en la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica en el mundo.

Fuente: (EPIA, 2012)

Así como la industria solar fotovoltaica tiene comportamientos similares a otras industrias, al ser un producto manufacturado también presenta comportamientos similares a otros productos manufacturados, y por ende, tiene una cadena de

suministro muy similar a la de cualquier producto manufacturado y se compone de los siguientes elementos:

- Proveedores: De materias primas y servicios para los fabricantes

Para la energía solar fotovoltaica se entienden como proveedores las empresas que venden la materia prima para los paneles solares, o sea, el silicio. El silicio es purificado y fundido, para luego ser vendido en manera de lingotes. Estos lingotes son cortados en finas películas llamadas “wafers”.

- Fabricantes: De todos los elementos del sistema (paneles, baterías, inversores, cableado, etc.).

Los fabricantes pueden adquirir las “wafers” y unirlos en secuencias para producir las células solares (“Solar cells”), y mediante la unión de varias células solares se forma un panel solar. Los fabricantes pueden también adquirir ya las células solares y simplemente ensamblarlas para producir sus paneles solares.

El otro grupo de fabricantes son aquellos que fabrican las baterías, los inversores, el cableado, y el resto de componentes que componen cualquier tipo de sistema eléctrico.

- Distribuidores: De todos los elementos fabricados para crear el sistema.

Por distribuidores se entienden todas aquellas personas que compran los paneles solares al fabricante y lo venden al cliente final. Estos distribuidores varían según cada país, pues pueden ser desde los mismos fabricantes hasta tiendas especializadas como Home Depot, o vendedores de sistemas de energía fotovoltaicos.

- Clientes: Usuarios del sistema completo de energía fotovoltaica.

Los clientes finales pueden ser desde personas que compran paneles para uso privado en sus hogares, empresas o el gobierno.

Para un mejor entendimiento de la composición de un sistema de energía solar fotovoltaico se recomienda ver el Anexo 1.

3.1.4 **Participantes en la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica en Colombia**

○ **Visita a Melco**

Se realizó una visita a Melco (Mitsubishi de Colombia) pues ellos tienen previsto entrar en el mercado de la energía solar fotovoltaica en Colombia, aprovechando la experiencia y la producción de paneles solares de la marca Mitsubishi en Japón y Estados Unidos de América. Aunque por el momento sólo es un proyecto a futuro, si se sabe que los paneles solares serían importados desde EUA, pues en Japón toda la producción se está consumiendo a nivel nacional pues están intentando migrar en lo posible de la energía nuclear a otros tipos de energías, entre ellas la fotovoltaica.

En lo que tienen proyectado en Melco no se contempla la posibilidad de producir los paneles aquí, pues requeriría de una inversión mucho más grande y la energía solar fotovoltaica sería sólo una pequeña parte de su portafolio de servicios.

○ **Visita a Hybrytec**

Hybrytec es una empresa localizada en el municipio de Itagüí dedicada al diseño, comercialización e instalación de sistemas de energía solar fotovoltaica y térmica.

Hybrytec tiene un gran número de proyectos exitosos alrededor del país, gracias a su red de 300 distribuidores que cubren gran parte del país. Todos sus productos son importados desde distintos países como China, Alemania y Japón. Para llevar a cabo la importación, Hybrytec contrata una empresa que se encarga de todo el proceso de importación y de ponerlo en el lugar que Hybrytec requiera (sea puerto, su bodega en Itagüí o un lugar determinado en el país).

Con esta visita se logró identificar que en el país no existen todavía fabricantes de paneles solares, lo cual tiene un gran impacto sobre la cadena de suministro, pues si miramos la cadena de suministro dentro de Colombia, en lugar de tener fabricantes y proveedores de paneles tendríamos importadores y muchas veces la misma empresa que distribuye los paneles es la importadora. Se evidencia entonces que los proveedores de la cadena de suministro serían los proveedores de los otros integrantes de un sistema de energía solar fotovoltaica, como las baterías, el cableado, el inversor, y demás componentes.

En Hybrytec y la gran mayoría de las empresas que están en el negocio de la energía solar fotovoltaica en Colombia, las empresas prestan un servicio integral en el cual se diseña, se instala y se pone en marcha el sistema y se presta el servicio de mantenimiento, lo cual reduce mucho los componentes de la cadena de suministro y centra la cadena de suministro en la misma empresa, pues tiene poco contacto con otras empresas para prestar su servicio.

En la visita a Hybrytec se pudo obtener información también sobre el proceso de transporte, instalación, lead time, procesos que se llevan a cabo para la instalación de un sistema completo de energía solar fotovoltaica, mantenimiento y la mano de obra requerida. Toda la información de la entrevista a Mauricio Acosta de Hybrytec está en el Anexo 2.

○ **¿Por qué no se produce en Colombia?**

Como se había clarificado anteriormente, en Colombia no se cuenta con fabricantes de paneles solares, esto debido a que es una tecnología que requiere una gran inversión y el beneficio va muy ligado a las economías de escala. Es por esto que la gran mayoría de las plantas de producción de paneles solares en el mundo están ubicadas en países que presentan una alta demanda y que además presentan los mejores incentivos. Evidencia de lo anterior es que la demanda mundial está concentrada en Europa (España, Italia y Alemania) y en Japón. En 2011, estos países sumaban alrededor de dos tercios de la capacidad instalada en el Mundo.

En adición a los países mencionados, Estados Unidos de América, Taiwán y China entran también en la lista de los países productores de paneles solares, esto debido a sus status de potencias mundiales y gran capacidad de manufactura. Para el 2012, China exportaba el 95% de todos los módulos fotovoltaicos que producía (Platzer, 2012), mostrando que, aunque su demanda local no era grande, pudo entrar en la lista de países productores debido a su capacidad de aprovechar las economías de escala. A pesar de esto, el gobierno Chino ha estado impulsando incentivos para aumentar la demanda local de sistemas fotovoltaicos, con lo cual se espera aumentar más la producción de módulos en este país.

Es fácil ver entonces que para tener instalaciones de producción de paneles solares en un país, este debe contar con una combinación de elementos que son determinantes, estos elementos son:

- **Incentivos gubernamentales:** la energía solar fotovoltaica sigue costando más que la energía tradicional en \$/kWh, lo cual condiciona mucho su demanda y la hace dependiente de los incentivos que se reciban por utilizar este tipo de energías.
- **Capacidad de manufactura:** los países que quieran producir módulos fotovoltaicos deben tener una buena capacidad de producción, esto va ligado a que la producción de módulos solares requiere de la explotación de las economías de escala para que se muestre rentable, pues es una tecnología aún en desarrollo. Esto significa también que los países deben contar con mano de obra calificada, buen transporte para mercancías y contar con todos esos detalles que aportan a que la producción sea más fácil y mejor.

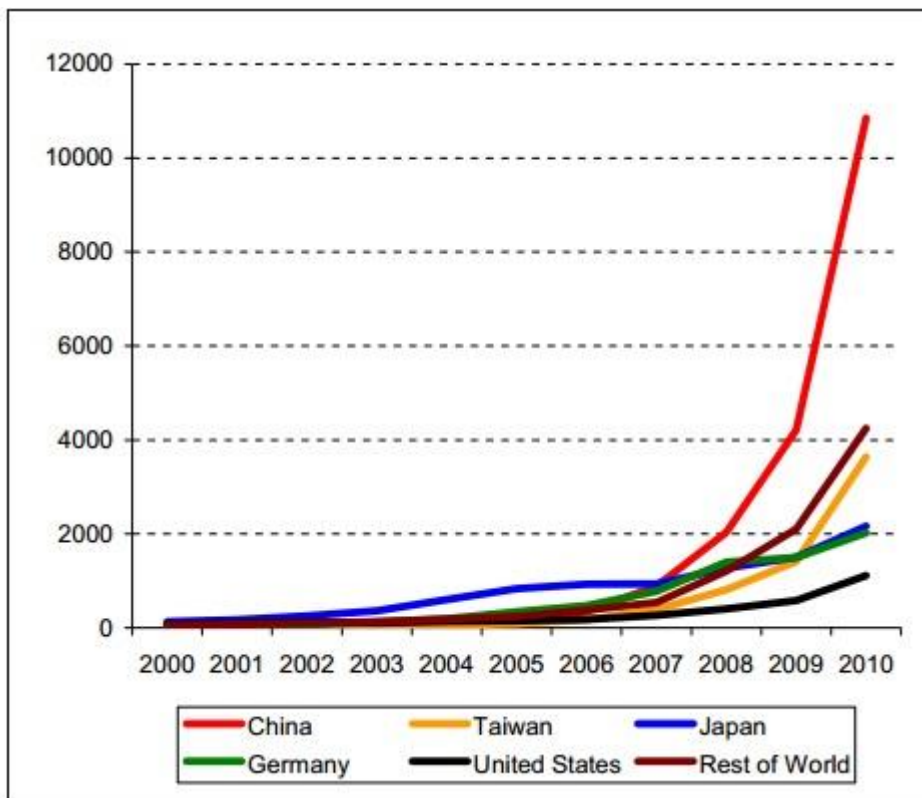


Ilustración 16. Producción anual de Células Solares a Nivel Mundial

Fuente: (Platzer, 2012)

Teniendo claridad en que la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica en Colombia no comienza con fabricantes de paneles solares, podemos proseguir a identificar los componentes de la cadena.

Para identificar los participantes de la cadena de suministro primero identificaremos los responsables de cada uno de los pasos necesarios para la instalación de un sistema de energía solar fotovoltaico, el cual se describe en la Tabla 3. De acuerdo a las visitas realizadas y la bibliografía consultada, el proceso de instalación de un sistema solar fotovoltaico en Colombia tiene los siguientes procesos:

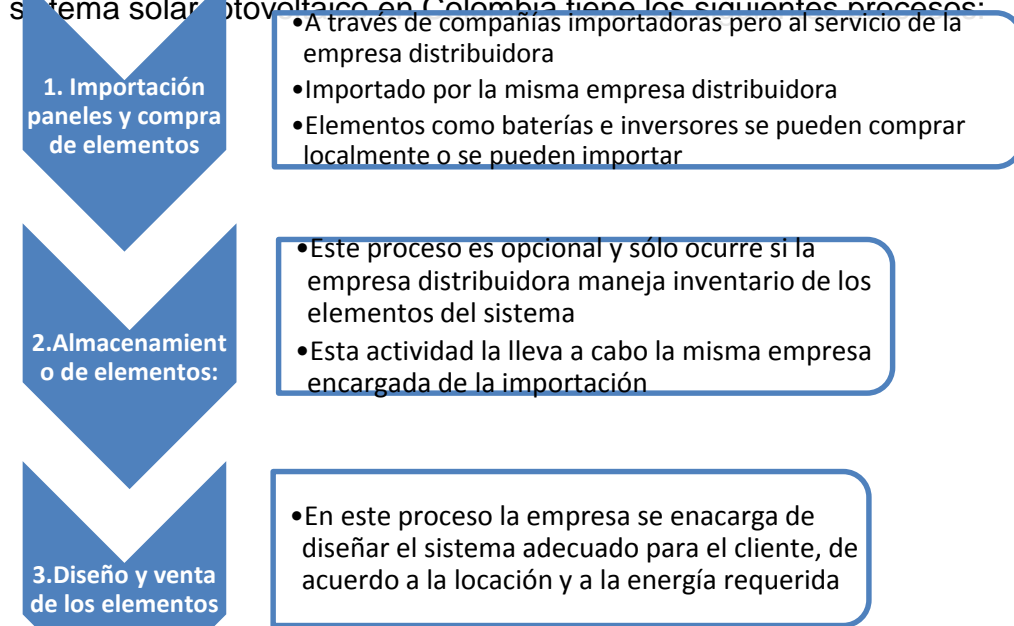


Tabla 3. Procesos necesarios para la instalación de un sistema de energía solar fotovoltaico

Si se observa la Tabla 3 detenidamente se puede extraer el número de empresas independientes que participan en el proceso:

- Empresa importadora: Aunque no siempre es utilizada, cuando es utilizada es bajo las órdenes de la empresa que vende el sistema. Estas empresas no se dedican exclusivamente a la importación de módulos fotovoltaicos, por lo cual no son consideradas tan importantes en este estudio, pues su labor puede llevarla a cabo la misma empresa que vende el sistema.
- Proveedores de elementos complementarios del sistema: Estas empresas son aquellas que comercializan los elementos que complementan el sistema,

como lo son las baterías, los inversores, el cableado, etc. Algunas empresas que venden los sistemas fotovoltaicos importan algunos de estos elementos, pero todos pueden ser conseguidos localmente.

- Distribuidores: por facilidad se les va a catalogar como distribuidores, aunque su verdadera labor es más que sólo distribuir los sistemas. Estas empresas son las encargadas de diseñar, comercializar, almacenar, instalar y prestar servicio de mantenimiento para los sistemas de energía solar fotovoltaica. En ocasiones también son los encargados de importar y transportar los sistemas hasta el sitio de instalación. Son estas empresas la columna vertebral de la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica en Colombia, pues llevan ellas a cabo la mayoría de las actividades que componen una cadena de suministro. En el Anexo 2 se listan algunas de las empresas dedicadas a la distribución de sistemas de energía solar fotovoltaica en Colombia, su localización y los servicios ofrecidos.
- Transportadores: son los encargados de llevar los elementos del sistema hasta las bodegas y/o hasta los sitios de instalación de los sistemas fotovoltaicos. Al igual que las empresas importadoras, sus labores pueden ser llevadas a cabo por la empresa distribuidora, pues en el país no existe, ni se considera importante la existencia, de una empresa transportadora que esté especializada en transportes de sistemas de energía solar fotovoltaicos. Cabe anotar también que muchas veces los sistemas están destinados para ZNI, lo cual hace que su transporte sea algo muy difícil de estandarizar y costear, pues la variabilidad puede llegar a ser muy grande.

3.1.5 Relaciones entre los participantes de la cadena

Para determinar las relaciones y responsabilidades que existen en la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica en Colombia, primero se determina como es el flujo de información mediante los participantes de esta. La siguiente imagen representa los flujos de materiales e información entre los participantes de la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica en Colombia. Esta imagen es de autoría propia y la información allí inscrita se concluyó a partir de las reuniones y entrevistas llevadas a cabo con las empresas visitadas.

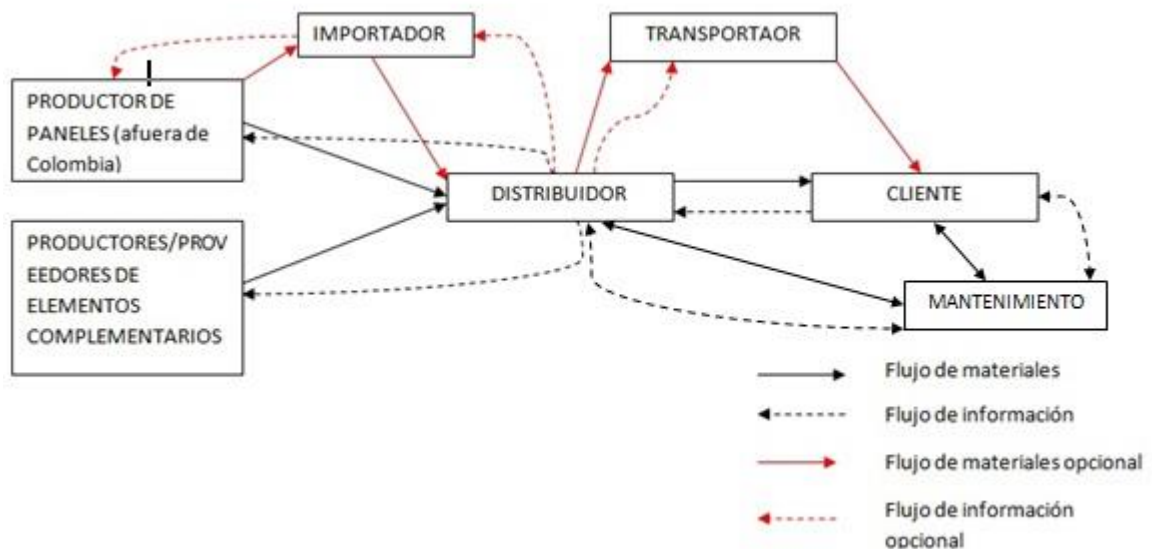


Ilustración 17. Representación de la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica en Colombia.

En la imagen las líneas rojas son “opcionales” porque es decisión del distribuidor si incluir o no al Importador y/o al transportador.

Si se observa detenidamente se puede ver que la configuración de esta cadena se asemeja con la configuración de una cadena de suministro tradicional, donde la configuración es descentralizada y cada participante toma sus decisiones independiente de los otros participantes. La información sobre la demanda final de sistemas de energía solar fotovoltaicas sólo la conoce el distribuidor. En este tipo de configuración hay una falta de sinergia entre los participantes, y para este caso es normal, pues el único participante que centra sus actividades en la energía fotovoltaica es el distribuidor. Los demás participantes pueden participar en esta cadena de suministro así como en muchas otras, pues sus actividades no se centran

en la energía fotovoltaica y por ende la sinergia no es su prioridad y es suficiente para ellos la información que provenga del distribuidor.

Las relaciones entre los participantes giran todas en torno al distribuidor, pues de alguna manera, es quien dirige toda la cadena. Es por esta razón que las relaciones y responsabilidades se estudiaron con base en lo que cada participante debe hacer con respecto al distribuidor. A continuación se listan las relaciones y responsabilidades de cada participante:

Importador: Es el encargado de negociar y comprar con la empresa fabricante de los paneles. Dependiendo de los intereses del distribuidor, el importador y el distribuidor deciden donde se le entregan los paneles al distribuidor, ya sea en puerto, en sus instalaciones, en alguna bodega, etc. La participación del importador comienza cuando el distribuidor lo contacta y termina una vez que los paneles estén en poder del distribuidor. Al distribuidor no le interesa quién será el cliente final que ponga los paneles en uso, evidenciando así que estamos hablando de una cadena de suministro tradicional.

Productores de Paneles (afuera de Colombia): en el mundo existen muchos productores de paneles solares, sólo en china hay más de 300 productores distintos (Platzer, 2012), pero así como en la mayoría de las industrias, hay productores que son los líderes a nivel mundial. Son 10 compañías las que, a 2010, controlaban el 50% de la producción de paneles solares en el mundo. La imagen a continuación muestra el listado de estas 10 empresas:

Top PV Cell Manufacturers by Production
2010

Rank	Manufacturer	Location of Headquarters	% of Global Cell Production	Founded	Plant Locations (current and planned)
1	Suntech	China	6.6	2001	China, Japan, United States
2	JA Solar	China	6.1	2005	China
3	First Solar	United States	5.9	1990	United States, Malaysia, Germany
4	Yingli Green Energy	China	4.7	1998	China
5	Trina Solar	China	4.7	1997	China
6	Q-Cells	Germany	3.9	1999	Germany, Malaysia, Sweden
7	Gintech	Taiwan	3.3	2005	Taiwan
8	Sharp	Japan	3.1	1959	Japan, Italy, United States, UK, Thailand
9	Motech	Taiwan	3.0	1981	Taiwan and China
10	Kyocera	Japan	2.7	1996	Japan, Czech Republic, United States
11	Hanwha Solar	South Korea	2.2	2004	China, South Korea

Ilustración 18. Principales productores de módulos Fotovoltaicos en el mundo a 2010

Fuente: (Platzer, 2012)

De las empresas anteriormente listadas hay algunas que se han declarado en bancarrota, la más impactante de ellas siendo la líder de la lista Suntech, empresa China que era considerada una de las pioneras en el mercado Chino y mundial, que fue declarada en bancarrota en Marzo de 2013. La quiebra de estas empresas se debe a que el manejo de los incentivos gubernamentales es muy delicado y a que la tecnología solar está aún en proceso de desarrollo y su tecnología está en constante cambio, por eso hay quienes dicen que una planta de producción de paneles fotovoltaicos se vuelve obsoleta en 5 años.

Es responsabilidad entonces del distribuidor considerar cual será el fabricante al que le comprará los paneles. El distribuidor deberá basar sus decisiones en los aspectos técnicos y económicos que ofrezca el fabricante. Los fabricantes tienen la responsabilidad de asegurar la calidad de sus productos y cumplir con todo lo que se pacte en el proceso de negociación con el distribuidor o la empresa importadora si es el caso.

Como se explicó antes, los mercados más atractivos para la energía solar fotovoltaica son aquellos que presentan los incentivos más grandes. En la

actualidad Colombia no se presenta como uno de esos países atractivos para estas grandes empresas fabricantes, pues los incentivos no son comparables con los que ofrecen países como Alemania o Japón. Por ejemplo, con el desastre del Tsunami de 2011 en Japón, el gobierno Nipones ha impulsado fuertemente todas las fuentes de energía renovables, pues su gran interés es migrar de la energía nuclear dado los problemas que ocurrieron luego del desastre. Por esta razón la producción fotovoltaica en Japón de empresas como Mitsubishi Electric está toda enfocada en el mercado local, pues tienen que aprovechar este impulso gubernamental. Es por esto que no se puede esperar mucha sinergia de parte de los fabricantes con los distribuidores de nuestro país, aunque esto puede cambiar conforme crezca el mercado de la energía solar fotovoltaica. Esta poca sinergia es una muestra más de la configuración de cadena de suministro tradicional que se maneja en Colombia.

Productores/Proveedores de elementos complementarios: Estas empresas las contacta el distribuidor para comprar alguno de sus productos, los cuales son esenciales para un sistema de energía fotovoltaica (baterías, cableado, inversores, etc.). Su responsabilidad es proveer al distribuidor de unos elementos que tienen unas especificaciones técnicas que se ajustan a las necesidades del distribuidor y asegurar que sus productos van a cumplir con estas características. Estas especificaciones técnicas son determinadas por el distribuidor y es su labor encontrar un proveedor que satisfaga sus necesidades. Este participante puede tener un poco más de interés en el uso que se le dará a sus productos, pues así es más fácil para él saber si sus productos si son aptos para el uso final que tendrán y asegurar su confiabilidad y expandir su comercialización. La relación que tienen estos proveedores con el distribuidor se presta para una configuración de cadena de suministro EPOS o sincronizada. En un futuro, dependiendo del desarrollo del mercado de la energía solar fotovoltaica en Colombia, se podría pensar en una mayor sinergia de estos proveedores con los distribuidores para aumentar la eficiencia de la cadena de suministro.

Distribuidor: El distribuidor es el participante que más responsabilidades tiene, ya que es el principal motor de la cadena de suministro.

Para empezar, es su responsabilidad buscar, seleccionar, contactar y negociar con:

- Los fabricantes a los que comprará los paneles fotovoltaicos
- La empresa importadora (si decide importar los paneles a través de un tercero)
- Los proveedores de los elementos complementarios del sistema (ya sean nacionales o extranjeros)
- La empresa transportadora (si decide utilizarla)

Además tiene la responsabilidad de negociar con el cliente final todo lo referente al sistema energético que le vaya a vender, esto incluye:

- Diseño del sistema
- Negociación económica
- Tiempos de entrega
- Mantenimiento

Es responsabilidad también del distribuidor seleccionar y contar con personal competente que esté capacitado para poner en marcha los sistemas que sean vendidos. Debe también tener definida política de inventarios, localización de sus instalaciones, estrategias competitivas y tener definido su estructura administrativa. Por último, pero no menos importante, debe asegurar que los sistemas vendidos cumplan con las especificaciones que fueron negociadas y debe dar unas instrucciones básicas para que el usuario haga buen uso del sistema.

Transportador: En caso de ser contratado por el distribuidor, la empresa tiene la responsabilidad de cumplir con las especificaciones de transporte que requieren los elementos del sistema. Por ejemplo, los paneles deben ser tratados con cuidado especial, su manejo es muy similar al del transporte de vidrio. Las baterías también requieren un tratamiento especial ya que son peligrosas y explosivas. Es responsabilidad entonces de la empresa transportadora cumplir con los requerimientos legales para el transporte de todos los elementos y además debe salvaguardar los elementos desde que los tiene en su poder hasta que los lleva al sitio donde los debe llevar, en el tiempo acordado con el distribuidor. Al igual que la empresa importadora, no se espera que la empresa transportadora le interese quién es el cliente final de los elementos que está transportando, pues así como puede prestar sus servicios para esta cadena de suministro lo puede hacer para muchas otras cadenas de suministro de negocios distintos. Es por esto que no se espera mucha sinergia de la empresa transportadora con el distribuidor, lo que evidencia nuevamente la configuración de cadena de suministro tradicional.

Cliente: el cliente es responsable de escoger el distribuidor que mejor satisfaga sus necesidades. Es responsable también de darle un buen uso al sistema, siguiendo las instrucciones del distribuidor, el cual se las debe haber dejado claras en el momento de entregarle su sistema en funcionamiento.

Mantenimiento: Es necesario una vez esté el sistema puesto en marcha, que el sistema reciba un adecuado mantenimiento, para asegurar su vida útil y buen desempeño. Algunas de estas actividades pueden ser llevadas a cabo por el usuario, pero hay otras que si deben ser realizadas por personal calificado, por lo general la misma empresa distribuidora es la encargada de prestar u ofrecer este servicio, pues no existen en el momento empresas dedicadas exclusivamente a esta actividad.

Como se ha dicho antes, el distribuidor lleva a cabo muchas funciones, es por esto que se puede pensar que dentro de la misma empresa distribuidora puede existir una cadena de suministro “interna”, la cual tiene se puede representar de la siguiente manera:

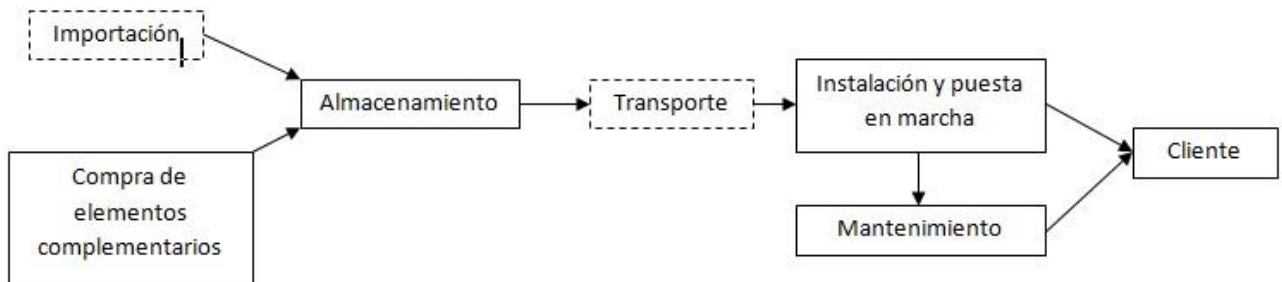


Ilustración 19. Cadena de suministro interna de empresa de distribución

En la imagen, tanto importación como transporte están dentro de cuadros punteados porque estas actividades las pueden realizar empresas independientes, como se explicó anteriormente. Las flechas que unen los distintos procesos representan el flujo de materiales a través de cada uno de los procesos.

Cada empresa distribuidora y/o comercializadora de energía solar fotovoltaica puede adecuar esta cadena de suministro “interna” de la mejor manera que supla sus necesidades, adoptando alguno de los modelos explicados anteriormente para el flujo de información y la sinergia entre los participantes. Se convierte esta en una herramienta que puede otorgar algún tipo de ventaja competitiva pues puede aumentar los niveles internos de eficiencias en las empresas que comercialicen energía solar fotovoltaica.

3.1.6 Variables que afectan la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica en Colombia

Para identificar las variables que afectan a la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica en Colombia se utilizó la herramienta de un análisis PEST

El análisis PESTEL es un análisis que identifica los factores del entorno general que afectan a una empresa. En este caso en específico se tomará la cadena de suministro como la empresa. Las siglas de la palabra PEST significan “Político, económico, social, tecnológico”. Este modelo es útil para este caso pues permite analizar distintos elementos que inciden en un mercado, en este caso, el mercado de la energía solar fotovoltaica en Colombia.

○ **Análisis PEST**

Político:

Para el análisis de la parte política que afecta la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica se consultó la legislación que rige en este momento para este tipo de energía en Colombia. Las leyes que aplican para esta cadena de suministro se encuentran en el Anexo 2

Actualmente hay algunas leyes que permiten que el gobierno de la república otorgue subsidios a aquellas personas u organizaciones que desarrollen proyectos en áreas no conectadas continentales y no continentales, con el fin de llevar el servicio eléctrico a dichos lugares, y mejorar las condiciones de vida de la gente de las zonas de intervención. Además, uno de los productos negociados en el TLC con EEUU son las células fotovoltaicas ensambladas en módulos o paneles, que tienen un arancel del 5%. A pesar de que esto realmente si incentiva el desarrollo de nuevos proyectos, el gobierno debe también empezar a mejorar las condiciones de importación y comercialización de los sistemas de energía limpia, y en este caso específicamente de energía solar, entendiendo que por ser una tecnología nueva en el país tiene aún altos costos logísticos en el proceso de importación y comercialización, pasando por el transporte y la instalación, y teniendo en cuenta que, al final, los más beneficiados serán las comunidades aisladas del país.

No hay hoy en día leyes que beneficien directa y específicamente la importación de la energía solar en nuestro país. Este sería entonces un buen paso a seguir por parte del gobierno, para ayudar a mejorar los costos y la eficiencia de la cadena de suministro que permita llevar esta tecnología a todos los rincones del país.

Económico:

Dado que los paneles son todos importados, los aspectos económicos que más afectan la cadena de suministro en Colombia son:

- **Tasa representativa del mercado:** Las importaciones de los paneles no se negocian en Pesos colombianos, pero los sistemas fotovoltaicos sí son negociados en Pesos colombianos, lo cual hace la tasa de cambio sea un aspecto relevante en la cadena de suministro. Lo más probable es que los negocios de importación se lleven a cabo en Dólares, ya que es la moneda más común a la hora de los negocios internacionales. Un cambio en la tasa representativa del mercado puede tener un gran impacto en el precio final al consumidor del sistema de energía fotovoltaica, lo cual puede llevar a un cambio en la demanda de los sistemas debido al cambio de precio. Si el distribuidor decide no cambiar los precios de los sistemas fotovoltaicos, se afecta entonces el margen de utilidad de la empresa con cada sistema, lo que a la final afecta sus balances económicos. Esta variable es importante para la cadena de suministro, mas no se considera clave.
- **Costo mundial de los paneles solares:** El gran problema que tiene el sistema solar fotovoltaico es su alto costo, lo cual ha sido el gran impedimento para su implementación a nivel mundial. Aunque el costo por watt de la energía fotovoltaica ha ido disminuyendo considerablemente durante los últimos años, el precio sigue siendo mayor que el de las energías convencionales. Para hablar de cifras, se dice que el costo (\$/watt) de la energía solar fotovoltaica ha disminuido un 99% desde 1977, donde pasó de costar \$76.67watt a 0.74/watt (Romm, 2013). Esto muestra que a medida que la tecnología solar fotovoltaica aumenta, esta se vuelve más competitiva y más accesible para el público en general, a continuación se muestra la gráfica que representa la disminución del costo de la energía solar fotovoltaica. Esta variable se considera clave en la cadena de suministro, pues es la que puede volver competitivo a la energía solar fotovoltaica con las otras formas de energía tradicionales.

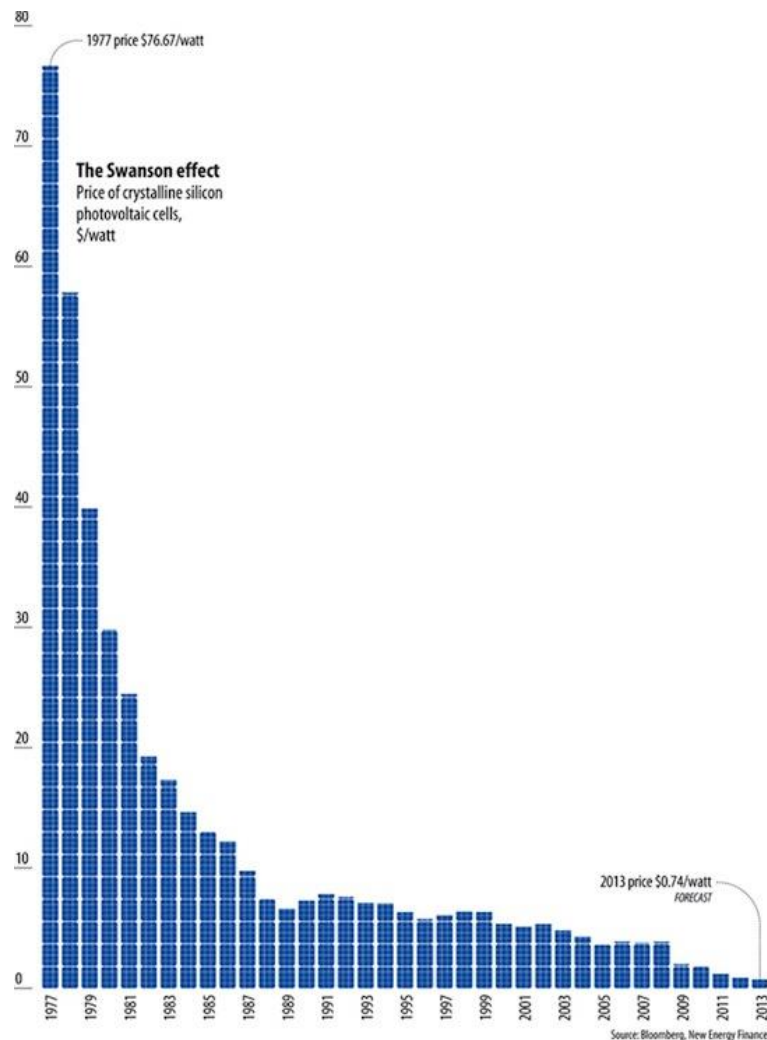


Ilustración 20. Disminución del precio (\$/watt) de la energía solar fotovoltaica los últimos años.

Fuente: (Bloomberg, 2013)

Social:

- **Pensamiento Verde:** El calentamiento global ha causado un gran cambio de pensamiento en las personas, ya que el pensamiento ha pasado a ser “verde”, indicando que cada con cada acción que se toma se debe tener en cuentas cual será el efecto sobre el medio ambiente. Es este pensamiento el que ha potenciado la búsqueda de fuentes de energía inagotables y amigables con el medio ambiente, esto es, que no contaminen y disminuyan la calidad de vida de las personas y los habitantes de la tierra. Entre estas fuentes de energía se encuentra la energía solar fotovoltaica, la cual se ha

visto muy impulsada por este pensamiento. Tal vez, sin esta “Ola verde” de pensamiento medio ambientalista, el desarrollo de la energía fotovoltaica podría haber sido abandonado años atrás cuando su precio era tan elevado y su eficiencia muy baja. Colombia no es ajeno a este tipo de pensamientos, pues esta es una megatendencia mundial. Esta variable es muy importante, pues es la gran estrategia competitiva que pueden ofrecer los distribuidores de paneles solares fotovoltaicos, y es una oportunidad a explotar como estrategia de mercadeo.

- **Zonas no Interconectadas (ZNI):** En Colombia, como se ha mencionado anteriormente, existen ZNI las cuales no cuentan con servicios eléctricos, algo que se considera básico para cualquier ciudadano. Es debido a factores como la geografía del país que existen estas zonas, y conectarlos a una red eléctrica es una tarea extremadamente difícil. Es ahí cuando se buscan otros tipos de fuentes de energía para mejorar la calidad de vida de los habitantes de estas zonas, una de estas fuentes es la energía solar fotovoltaica. Esta variable afecta entonces positivamente la cadena de suministro, pues aumenta el mercado de la energía solar fotovoltaica. Aunque es una variable que afecta positivamente, el cliente directo para estas ZNI sería el gobierno, pues generalmente estas zonas son rurales y no poseen los recursos como para comprar un sistema de forma privada y acuden al gobierno para que les provea este servicio. Dado que el cliente es entonces el gobierno, este aspecto se remonta a la parte Política de este análisis PEST.
- **Educación y personal competente:** A lo que se refiere esta variable es a la disponibilidad de personal que se una o se integre a la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica. Aunque haya en la ciudad programas técnicos y profesionales que sean relacionados o puedan relacionarse a la industria fotovoltaica. El temor es que por ser una industria emergente en el país, muchos de los profesionales no opten por involucrarse en ella, lo cual puede llevar a una escasez de personal para la industria. Además de este posible problema, la cantidad de personal calificado para la industria también es una variable muy importante para la cadena de suministro. Según EPIA, la industria fotovoltaica considera que la falta de profesionales calificados es uno de los retos más significativos a mediano y largo plazo. No es suficiente contar con buenos materiales y productos, si los que los usan no están altamente calificados y tienen todo el conocimiento y experiencia necesaria. Evidencia de esto es una de las políticas que tiene hoy en día la empresa Hybrtec, donde ellos no prestan el servicio de mantenimiento a ningún sistema fotovoltaico que no haya sido instalado por ellos, pues claman que han encontrado sistemas muy deficientes o de muy mala calidad y entrar a repararlo sería, muy costoso, o hasta peligroso. A medida que crezca la demanda de este servicio en el país también aumentará la demanda de mano de obra y profesionales calificados, y para poder suplir esto se considera que

las instituciones educativas deben abrir programas que nos permitan estar al día en el estado del arte con respecto a la energía solar fotovoltaica. Se considera entonces esta variable como una de las más importantes que afectan la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica.

Tecnológico:

- **Avances tecnológicos:** La industria solar fotovoltaica es una industria que está bajo constante innovación tecnológica, sobretodo en busca de una mayor eficiencia por parte de los paneles solares. La eficiencia de un panel de buena calidad puede estar alrededor del 15%, esto es, el porcentaje de energía solar que es convertido por la celda solar en energía eléctrica. El reto para la industria es aumentar esa eficiencia, y con seguridad que aumentará a medida que avance el tiempo. La variable de tecnología afecta positivamente la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica, pues hará que cada vez se pueda ofrecer un producto mejor. Esta variable tiene un efecto directo sobre la economía, pues a medida que se mejora el producto su precio puede variar debido a usos de distintos materiales, uso eficiente de recursos, etc. Esta variable está entonces muy relacionada con la variable de la economía, por lo cual se considera, al igual que la economía, una variable clave para la cadena de suministro.

3.2 SIMULACION PARA VERIFICAR MODELO DE CADENA DE SUMINISTRO

Para verificar el modelo de la cadena de suministro estudiado, se hizo una simulación que consistía en llevar a tres distintas zonas del país un sistema de energía solar fotovoltaico.

3.2.1 Selección de regiones

Regiones seleccionadas: San Andrés, Mitú, El Charco

Para determinar las regiones en las cuales estaría enfocado el proyecto, se tomaron los datos de número de proyectos y de cantidad de inversión para diferentes regiones alejadas de todo el país, directamente de la página del ministerio de minas y energía, para los últimos 6 años. De esta manera se determinaron las zonas en las cuales, según los datos del gobierno, el proyecto que se está realizando podría tener mayor oportunidad de recibir apoyo por parte del estado, y de tener un mayor impacto.

Región	# de Proyectos	Inversión total
SAN ANDRES ISLA (San Andrés)	7	\$ 24,219,358,706
MITÚ (Vaupés)	3	\$ 129,913,367,025
EL CHARCO (Nariño)	4	\$ 7,974,697,319

Tabla 4. Inversiones en las regiones seleccionadas

Fuente: (Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2013)

○ **San Andrés:**

Además de ser una zona con alta inversión por parte del estado, cuenta con las siguientes condiciones que la hacen más atractiva para enfocar allí el proyecto:

1. Mayor conciencia ambiental de sus habitantes
2. Interés por cambiar su sistema actual de energía térmica por un sistema de energía renovable
3. Actual costo que asumen del transporte del combustible diesel
4. Riesgos que conlleva el transporte de combustible hasta la isla
5. Inestabilidad del servicio actual
6. Por la tendencia ecológica, se hace más atractivo para los turistas que usen un sistema de energía limpia.
7. Debido a la problemática por la delimitación marítima, es estratégico para el gobierno asignarle recursos especiales.

Ubicación:

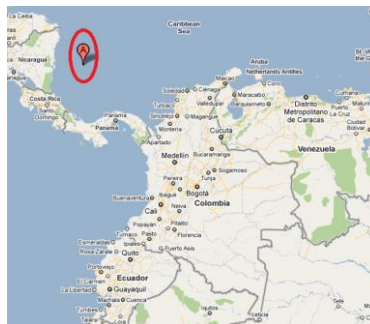


Ilustración 21. Ubicación San Andrés

Fuente (Google Maps, 2013)

○ Mitú

Es la región apartada del país donde el gobierno ha hecho una mayor inversión en los últimos años en el ámbito energético. Además, tiene algunas condiciones que hacen de ella una ciudad con una gran oportunidad para ser evaluada dentro del proyecto:

- No tiene comunicación terrestre con el interior del país.
- Por ser zona no interconectada y descuidada, tiene un racionamiento de energía eléctrica de 20 y más horas diarias.
- Cuenta con una pequeña central hidroeléctrica inconclusa, a pesar de los convenios establecidos con el Ministerio de Minas y Energía, Hacienda, Planeación Nacional y el IPSE.
- El Vocal del Comité de Desarrollo y Control Social de los Servicios Públicos Domiciliarios en Mitú, Fabio Torres Novoa, afirma: “Los proyectos que son decisivos para el desarrollo sostenible, para el mejoramiento de la calidad de vida, para el sostenimiento de las necesidades económicas de la población, y para la conservación de la paz, no se han podido desarrollar por falta del servicio de energía eléctrica continua.” (Torres Novoa, 2013)

Ubicación:



Ilustración 22. Ubicación Mitú

- **El Charco**

Ha recibido dos grandes olas de desplazados por causa del conflicto armado en Colombia. En 2007, se desplazaron 15.000 personas hacia la zona, y en 2010 la población de El Charco recibió 7.200 refugiados, casi duplicando la población local y colapsando los recursos del lugar, de acuerdo a un reporte de la Oficina de Naciones Unidas para la Coordinación de los Asuntos Humanitarios. (United Nation Office for the coordination of humanitarian Affairs OCHA)

Ubicación:

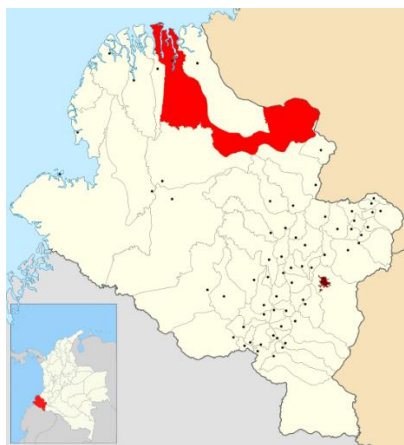


Ilustración 23. Ubicación El Charco

Vías de comunicación:

Aéreas: Desde Cali (Valle) actualmente se hacen dos vuelos semanales a 50 minutos de vuelo.

Terrestres: No existen vías para llegar al municipio.

Fluviales: Hay una regularidad de barcos de cabotaje desde Buenaventura, con capacidad de 80 a 150 toneladas de carga y 48 pasajeros, con un trazado de 14 a 18 horas; también se hace con lanchas rápidas con capacidad de 40 pasajeros; Desde Tumaco existe transporte de carga especialmente de combustibles y con lanchas rápidas con capacidad de 18 pasajeros, de 4 a 5 horas de trayecto; desde Guapi (Cauca), con lancha rápida con capacidad de 30 pasajeros, a una hora de trayecto. Desde la Tola y Olaya Herrera (Satinga) diariamente con pequeñas lanchas de 8 pasajeros, con un trayecto de una hora

3.2.2 Determinación del consumo de energía en un hogar

Para determinar el tipo de montaje que se va a necesitar en un hogar, es indispensable entender como es el consumo de energía dentro de este.

Teniendo en cuenta las condiciones de las 3 regiones que serán impactadas con el trabajo, los datos en los que se debe estar enfocados son en los de los hogares con estratos 1, 2 y 3.

En la tabla 5 vemos, según la UPME (Unidad de planeación minero energética), el consumo de energía media mensual en un hogar colombiano, según la región donde este se encuentra:

Usos	Consumo medio en KWh por hogar (estratos 1, 2 y 3)			
	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Pasto
Iluminación	36.2	25	24.8	34.3
TV	8.2	7.8	11.7	6.9
Nevera	44.1	55	60	29
Plancha	10.7	9.4	9	7.7
Licuada	1.2	1	1.9	1.7
Lavadora	12.7	12.7	3.8	5.2
Ducha Eléctrica	63.1			62.8
Ventilador			42.7	
Total	176.2	110.9	153.9	147.6

Tabla 5. Consumo energético medio mensual de los hogares en Colombia

Fuente: (Unidad de planeación Minero Energética)

Se puede apreciar que el consumo depende directamente de las condiciones climáticas del lugar, lo cual hace variar, de una región a otra, el tipo de electrodomésticos que son usados dentro del hogar:

	Bogotá	Medellín	Barranquilla	Pasto
Iluminación	21%	23%	16%	23%
TV	5%	7%	8%	5%
Nevera	25%	50%	39%	20%
Plancha	6%	8%	6%	5%
Licuada	1%	1%	1%	1%
Lavadora	7%	11%	2%	4%
Ducha				
Eléctrica	36%	0%	0%	43%
Ventilador	0%	0%	28%	0%
Total	100%	100%	100%	100%

Tabla 6. Porcentaje de uso de electrodomésticos en Colombia

Fuente: (Unidad de planeación Minero Energética)

Para nuestro análisis, de las ciudades para las cuales se tienen datos, y como se muestra en la siguiente tabla, Barranquilla tiene condiciones climáticas bastante similares a las 3 regiones seleccionadas, y por lo tanto, es un buen punto de referencia para determinar el consumo medio de un hogar en los municipios en los que se enfoca este trabajo.

Dicho esto, y para efectos del análisis de la capacidad de los sistemas que deben ser instalados, vamos a tomar como consumo medio en un hogar en las 3 regiones, 150Kwh.

Región	Temperatura media
SAN ANDRES ISLA (San Andrés)	28.0°C
MITÚ (Vaupés)	27.0°C
EL CHARCO (Nariño)	28.0°C
BARRANQUILLA	27.4°C

Tabla 7. Temperaturas medias regiones seleccionadas

3.2.3 Cálculo de cantidad de paneles necesarios

Los datos necesarios para obtener el número de paneles solares necesarios son:

1. Consumo promedio de cada hogar
Este dato fue obtenido en la parte de arriba y su valor es de 150 kWh/mes
2. Promedio de horas de luz solar al día de cada zona:

	San Andrés	Mitú	El Charco
Promedio horas de sol al día	4-5	4-5	2-3

Tabla 8. Horas al día de luz solar en regiones seleccionadas

Tomado de (UPME, Mapas de Brillo Solar)

3. Potencia del panel a utilizar

Los paneles a utilizar para este ejercicio son los Mitsubishi PV-MLE255HD, los cuales tiene una potencia de 255Wp.

Con los datos anteriores, se pasa entonces a hacer el siguiente cálculo:

1. Pasar los kWh/mes a kWh/día dividiendo por 30 días/mes y pasar de kWh/día a Wh/día multiplicando por 1000
2. Dividir el consumo (kWh/día) por el número de horas de sol al día
3. Dividir los W obtenidos anteriormente por la potencia del panel solar a utilizar, redondear hacia arriba ese número y esa será la cantidad de paneles necesarios para ese hogar.

Siguiendo los pasos anteriores, tomando el mínimo número de horas de sol al día, los resultados fueron los siguientes:

	San Andrés	Mitú	El Charco
Cantidad de paneles por hogar	5	5	10

Tabla 9. Cantidad de paneles a utilizar en cada región.

A continuación se listan el resto de elementos necesarios para el sistema de energía solar fotovoltaico, todos los proveedores se encuentran en Colombia:

ELEMENTO	SAN ANDRES Y MITU			EL CHARCO		
	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (COP)	COSTO TOTAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (COP)	COSTO TOTAL
Bateria (12v 250Ah)	5	\$394.900	\$1'974.500	10	\$394.900	\$ 3,949,000.00
Inversor	5	\$247.900	\$1'239.500	10	\$247.900	\$ 2,479,000.00
Controladores de carga	5	\$125.000	\$625.000	10	\$125.000	\$ 1,250,000.00
Cableado (100m)	1	\$179.900	\$179.900	1	\$179.900	\$ 179,900.00
Switches, Tomas (juego completo)	1	\$150.000	\$150.000	1	\$150.000	\$ 150,000.00
TOTAL			\$4'168.900			\$8'007.900

Tabla 10. Elementos complementarios del sistema

3.2.4 Importación de Paneles solares

De acuerdo con las políticas de Mitsubishi, los envíos internacionales de sus paneles solares son en paquetes de 22 módulos o paneles solares fotovoltaicos, llamados “pallets”. Estos paquetes vienen sobre una estiba de acero y su peso es de 480 kg, sus medidas son 168cm x 107cm x 125cm. Un “pallet” es la cantidad mínima para despachos internacionales, Mitsubishi exporta desde Estados Unidos.

Inicialmente se había pensado en llevar a cabo la simulación importando un paquete de 22 paneles por medio de un Courier, pues 22 es la cantidad establecida por el fabricante y, como se mencionó anteriormente, en esta industria hay que explotar las economías de escala. Al investigar más a fondo, se encontró que el peso máximo que puede ser enviado a través de un Courier es de 50kg, lo que cancela entonces el uso del Courier pues el peso a importar es de 480kg. Se decidió entonces, por facilidad, llevar a cabo la simulación suponiendo la importación de un contenedor lleno de estos “pallets”.

Las dimensiones de los contenedores comunes son de 2.38m x 12m x 2.54m. Dividiendo las medidas del largo del paquete entregado por Mitsubishi y dividiéndolo entre el largo del contenedor, se obtiene que en un contenedor caben 7 paquetes de paneles solares ($12m/1.7m \approx 7$).

En cuanto al precio de los paquetes enviados por Mitsubishi, se piensa que por la cantidad a importar, se puede llegar a negociar un precio por panel solar de USD250, lo que equivale a un precio total de USD 38,500 ($\$250/\text{panel} * 22 \text{ paneles/pallet} * 7 \text{ pallets} = \$38,500$). Es de aclarar que este precio es FOB (Free on Board).

Para continuar con el proceso de importación y los cálculos de los costos de importación se utilizó un simulador de costos de importación desarrollado por la empresa Colombiana “Más Logístiks”. El valor total del producto puesto en Medellín, importado a través de Buenaventura, es de aproximadamente USD54,388.12 (aproximadamente 102'425.838 COP). En el anexo 4 se encuentra con detalle los valores de importaciones calculados con el simulador.

Para completar entonces el costo unitario de cada panel solar fotovoltaico, usando la información anterior, se toma el costo total de importación y se divide por el número total de paneles importados y obtenemos que el costo unitario es de USD353.17 por panel solar, esto equivale a \$665,103.578 COP.

Con esta información podemos entonces completar el precio de un sistema fotovoltaico para un hogar que consume 150kWh/mes:

ELEMENTO	SAN ANDRES Y MITU			EL CHARCO		
	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (COP)	COSTO TOTAL (COP)	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (COP)	COSTO TOTAL (COP)
Paneles solares 255w	5	\$665,103.578	\$3'325.517	10	\$665,103	\$ 6'651.030
Bateria (12v 250Ah)	5	\$394.900	\$1'974.500	10	\$394.900	\$ 3,949,000.00
Inversor	5	\$247.900	\$1'239.500	10	\$247.900	\$ 2,479,000.00
Controladores de carga	5	\$125.000	\$625.000	10	\$125.000	\$ 1,250,000.00
Cableado (100m)	1	\$179.900	\$179.900	1	\$179.900	\$ 179,900.00
Switches, Tomas (juego completo)	1	\$150.000	\$150.000	1	\$150.000	\$ 150,000.00
TOTAL			\$7'494.417 (USD \$3,979.54)	TOTAL		\$ 14'658.930 (USD \$7,637.3)

Tabla 11. Costo total del sistema de energía fotovoltaica a utilizar

El peso aproximado de todos los elementos del sistema juntos es de aproximadamente 400kg para los sistemas de San Andrés y Mitú. El peso aproximado para la región de El Charco es de 665kg aproximadamente.

3.2.5 Transporte a regiones seleccionadas

○ San Andrés:

En el caso de San Andrés, por ser una isla, se determinó que la forma de llevar el producto era por medio aéreo desde Cartagena.

Se contactó a la empresa de transporte de mercancías San Andrés Cargo Express, y se llegó a la conclusión de que el costo total de llevar cada sistema de paneles hasta la isla es de US\$ 400.

San Andrés		
Flete aéreo Cartagena-San Andrés	1	US\$/kg
Peso total de un sistema	400	kg
Costo Total	400	US\$/Sistema

Tabla 12. Costo de transporte del sistema a San Andrés

○ El Charco:

El municipio de El Charco no cuenta con vías de comunicación terrestres. Por lo tanto fue necesario en este caso específicamente buscar opciones de transporte marítimo.

Se contactó a la señora Diana Portocarrero en Buenaventura, quien tiene un pequeño negocio personal de transporte de mercancías a diferentes municipios de la costa pacífica colombiana. Trabajo que desarrolla con la ayuda de sus tres lancheros y sus respectivas embarcaciones.

Luego de explicarle la necesidad de transporte de los paneles y de las baterías, y de darle una descripción del peso y la forma de los objetos, se acordó que el precio sería de US\$ 0.3 por Kilogramo transportado.

El Charco		
Transporte marítimo Buenaventura-El Charco	0.3	US\$/kg
Peso total de un sistema	665	kg
Costo total	200	US\$/Sistema

Tabla 13. Costo de transporte del sistema a El Charco

○ **Mitú:**

El municipio de Mitú, al igual que El Charco, no tiene ningún tipo de comunicación terrestre con el resto del país. Para llegar hasta este lugar, o transportar mercancías, la mejor y única opción es hacerlo en avión.

Se hace entonces necesario llevar los paneles y las baterías hasta la ciudad de Villavicencio, para montarlos allí en un avión, que en una hora y veinticinco minutos los lleva hasta el aeropuerto de Mitú.

Se encontró, en un artículo de Guillermo Reinoso en el periódico EL TIEMPO, en el cual analiza el porqué de los altos costos de tantos productos en la capital de Vaupés, que el costo por kilogramo transportado de cualquier producto, con excepción de la gasolina, es de alrededor de US\$ 0.8 por kilogramo transportado.

Además de esto, para llevar los productos desde Cartagena hasta Villavicencio, se visitó la página web de Proexport para saber el costo de los fletes en algunos lugares del país, y llegar así a la conclusión de que el costo total, de transportar un sistema de paneles solares sería de US\$ 400.

Mitú		
Transporte terrestre Cartagena-Villavicencio	0.2	US\$/kg
Flete aéreo Villavicencio-Mitú	0.8	US\$/kg
Peso total de un sistema	400	kg
Costo total	400	US\$/Sistema

Tabla 14. Costo de transporte del sistema a Mitú

3.2.6 Costo de mano de obra de instalación

Para instalar cada sistema de paneles se necesitan dos operarios. A cada uno de ellos se le va a pagar lo definido en el salario mínimo diario legal vigente, que para el 2013 está \$ 19.650. El tiempo de instalación se calcula será de dos días.

Además se necesitará de un ingeniero que supervise y esté encargado de solucionar cualquier problema que se pueda presentar durante la instalación del sistema. El ingeniero tendrá un salario de 2 salarios mínimos diarios legales vigentes.

Mano de obra		
# de Ingenieros	1	Ingenieros
# de trabajadores	2	Trabajadores
# días a pagar	2	días
Costo por trabajador diario	10.44	US\$/Trabajador
Costo por Ingeniero diario	21	US\$/ingeniero
Total MO	63	US\$/Sistema

Tabla 15. Costo de Mano de obra

3.2.7 Resumen costos

En la siguiente tabla se resumen todos los costos asociados a la instalación de un sistema de energía solar fotovoltaico en las regiones previamente seleccionadas:

Costos asociados por sistema			
	San Andrés	El Charco	Mitú
Costo elementos sistema (USD)	\$ 3,979.54	\$ 7,637.3	\$ 3,979.54
Transporte (USD)	\$ 400.00	\$ 200.00	\$ 400.00
Mano de Obra (USD)	\$ 63.00	\$ 63.00	\$ 63.00
TOTAL (USD)	\$ 4,442.54	\$ 7,900.3	\$ 4,442.54
TOTAL (COP)	\$ 8'526.948	\$ 15'163.723	\$ 8'526.948

Tabla 16. Resumen de costos asociados

Cabe anotar que a estos costos se les debe sumar los viáticos asociados a los desplazamientos de los empleados de la empresa.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 OBJETIVO ESPECÍFICO 1:

Para la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica en Colombia, se encontró que los participantes son:

- Fabricantes de paneles solares: Todos ubicados en el exterior, pues en Colombia no existen empresas fabricantes de paneles solares, lo que obliga a que todos los paneles sean importados
- Fabricantes de elementos complementarios: El resto de los elementos que se utilizan para crear un sistema de energía solar fotovoltaica se pueden obtener en Colombia, pues existen empresas que fabrican estos elementos dentro del país.
- Distribuidores: Por facilidad se les denominó así, pero su actividad va más allá de la distribución. Son empresas que están dedicadas a la comercialización, diseño, puesta en marcha y mantenimiento de sistemas de energía solar fotovoltaica. En algunas ocasiones son ellos mismos los que se encargan del proceso de importación de los paneles solares desde el exterior.
- Transportadores e importadores: en ocasiones las empresas distribuidoras contactan a empresas encargadas de transporte y/o importación para que se encarguen de los procesos de importación de los paneles y del transporte de los mismos hasta los lugares de destino. Aunque se consideran parte de la cadena, su participación es mínima y su actividad no gira en torno a la comercialización de la energía solar fotovoltaica.
- Clientes: En el país hoy en día los tipos de clientes son tres: personas naturales que buscan implementar el sistema en sus propiedades privadas, empresas que buscan instalar los sistemas en sus instalaciones y el gobierno, el cual busca llevar energía a las ZNI e invertir en proyectos fotovoltaicos.

4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 2:

Las relaciones que se identificaron en la cadena de suministro giran todas en torno al distribuidor, o sea, las relaciones y las responsabilidades de cada uno de los

participantes es para con el distribuidor, pues él es el que tiene la responsabilidad final con el cliente y el encargado de responderle por cualquier inquietud, duda, o daño que ocurra con el sistema.

Las responsabilidades de los participantes de la cadena con el distribuidor son las siguientes:

- Cumplir con las condiciones de las negociaciones que se hayan llevado a cabo con el distribuidor
- Cumplir con características técnicas de los productos que le esté entregando al distribuidor
- Cumplir con los tiempos de entregas establecidos con el distribuidor

Las responsabilidades del distribuidor en la cadena de suministro son las siguientes:

- Diseñar un sistema adecuado que se ajuste a las necesidades del cliente
- Escoger los distintos proveedores de las partes integrantes del sistema fotovoltaico que se ajusten a las necesidades y especificaciones del sistema a crear.
- Negociar con cada uno de los proveedores de equipos y servicios las condiciones sobre las que se van a trabajar
- Instalar y poner en marcha el sistema fotovoltaico negociado con el cliente
- Ofrecer los servicios de mantenimiento para el sistema y brindarle al usuario del sistema una capacitación que asegure el buen uso del sistema.

4.3 OBJETIVO ESPECÍFICO 3:

Las variables que afectan la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica en Colombia se catalogaron bajo cuatro (4) categoría distintas mediante el uso de un análisis PEST, las categorías son:

- Político:
 - En esta categoría se encontró que la variable que más afecta es la legislación y los incentivos por parte del gobierno, pues se ha visto que los países que más avanzados están en materia de capacidad

instalada fotovoltaica deben su avance, en gran parte, a los subsidios y al impulso otorgado por el gobierno.

- Económico:
 - En esta categoría se identificó como la variable más crítica el precio por watt (\$/watt) de la energía fotovoltaica. Este se considera que ha sido la gran piedra en el camino para el avance de la implementación de este tipo de energía, pues durante las últimas décadas el precio de la energía solar fotovoltaica ha sido muy elevado, lo cual lo convierte más en un lujo que un servicio básico. En los últimos años se ha avanzado bastante en la disminución de este precio, y se espera que a medida que pase el tiempo este precio continúe disminuyendo. Esta variable se considera la que mayor impacto tiene sobre la cadena de suministro
- Social:
 - En esta categoría la variable más impactante para la cadena de suministro se considera que es la disponibilidad de mano de obra y profesionales calificados para trabajar en la industria fotovoltaica. A medida que crezca la demanda para este tipo de energía también se espera que aumente la demanda de profesionales competentes. Se considera muy importante contar con profesionales competentes, pues sólo así se puede asegurar una correcta implementación de esta tecnología en el país.
- Tecnológico
 - En esta categoría se identificó como la variable más impactante el avance tecnológico que se logre con respecto a aumentar la eficiencia de los paneles solares. Al aumentar la eficiencia aumentaría la cantidad de energía eléctrica entregada por cada panel, lo que tendría un efecto directo en el costo por watt de la energía fotovoltaica, pues con cada vez menos paneles se podría obtener más energía que la que se obtiene hoy en día. Esta variable impacta directamente la variable más importante de la cadena de suministro, la cual la hace entonces muy importante.

4.4 OBJETIVO ESPECÍFICO 4:

Después de tener los paneles en el puerto en Colombia, las mejores alternativas para cada una de las tres regiones son:

- **San Andrés:**
Llevar el producto vía aérea desde Cartagena, con un costo que ronda los US\$ 400 por cada sistema.
- **El Charco:**
Llevar el producto por vía marítima desde el puerto de Buenaventura, con un costo de US\$ 120 por sistema transportado.
- **Mitú:**
Transportar el producto por vía terrestre desde el puerto de Cartagena hasta la ciudad de Villavicencio. Esta etapa tiene un costo de alrededor de US\$ 80 por sistema. De Villavicencio a Mitú, transportar los materiales por vía aérea, con un costo aproximado de US\$ 320 por sistema.

Se evidencia que el precio de transporte desde El Charco es el más económico debido a que este es vía marítima, mientras los otros dos requieren de transporte aéreo.

Mediante la simulación también se confirmó que la configuración de la cadena de suministro descrita anteriormente es correcta. Para la simulación se asumió la posición de una empresa distribuidora de sistemas de energía solar fotovoltaica y las actividades que fueron llevadas a cabo por la distribuidora fueron las mismas que se describieron en el objetivo específico 2. Además se corroboró que los participantes involucrados en la cadena de suministro son los mismos que se describen en el objetivo específico 1.

Se comprobó también que la economía de escala tiene mucha influencia en esta industria, pues inicialmente se pensaba en utilizar un Courier para la importación, pero debido a limitaciones de peso no se pudo utilizar, entonces se hacía necesario el uso de transporte marítimo y una vez que se quiere utilizar este medio de transporte se hace más factible llenar un contenedor para obtener descuentos y mayores ganancias.

Inicialmente se pensaba que el costo de transporte sería muy diferente en las regiones seleccionadas, pero se encontró que la diferencia no es significativa entre ellas, lo cual indica que el transporte no es uno de los costos más influyentes de un sistema de energía solar fotovoltaico.

5. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

- La configuración actual de la cadena de suministro de la energía solar fotovoltaica es la de una cadena de suministro tradicional, donde cada uno de los participantes toma sus decisiones independientemente de los otros participantes de la cadena. Esto se considera normal considerando que esta es una industria aún muy nueva en nuestro país.
- Hace falta en el país un mayor impulso por parte del gobierno para la implementación de este tipo de energía en el país. No solo es la energía solar fotovoltaica es una gran solución para las ZNI pero también una gran oportunidad de negocio, innovación, desarrollo y aumento de la calidad de vida de los habitantes de Colombia.
- Dado que la producción de paneles solares está concentrada en un grupo pequeño de países en el mundo debido a sus costos y su constante cambio, no se espera que en países como Colombia se produzcan paneles en el futuro cercano. Sin embargo, todos los otros elementos complementarios de un sistema solar fotovoltaico pueden adquirirse con facilidad en el país, lo cual facilita la comercialización de los mismos.
- La variable más importante identificada es la del costo por watt de la energía fotovoltaica, esta variable depende de los avances que se hagan en esta tecnología mayormente, lo que indica que Colombia no tiene control sobre esta variable, entonces seguiremos dependiendo de los avances que se hagan en el exterior para ver cada vez más factible la implementación de esta tecnología en el país. En la simulación realizada, con una vida útil de los sistemas de 15 años, el costo por watt (\$/Watt) en pesos colombianos (COP) de los sistemas de San Andrés y Mitú es de \$277.5/kWh y para el sistema de El Charco es de \$542.9/kWh. El precio en Colombia hoy en día para la energía eléctrica está alrededor de los \$287.9/kWh. Esto demuestra que, en algunos territorios del país, es muy atractiva la propuesta de la energía solar fotovoltaica, pues está en condiciones hoy en día de competir en costo con la energía convencional.
- El distribuidor se considera el impulsor principal de la cadena, pues no solo es el encargado de elegir los proveedores, sino que también tiene una ardua labor de abrir mercado dentro del país, además es el participante de la cadena con mayor número de responsabilidades.

- Una vez realizada la simulación se observó que el costo de transporte no tiene mayor incidencia en el costo final (menos del 10%), lo que muestra que, en materia de costos, es factible llevar la energía solar a las distintas regiones del país, pues aunque los costos y los métodos de transporte varían, no influyen mucho en el costo final. Por otro lado, se identificaron como los principales determinantes del costo a los paneles y los elementos complementarios del sistema, pues estos representan casi el 90% del costo final. Los porcentajes de participación en el costo total están distribuidos así:

Elemento	Porcentaje sobre costo total
Paneles	39.0%
Elementos complementarios	48.9%
Transporte	9.0%
Mano de Obra	1.4%

6. BIBLIOGRAFÍA

- ACOLGEN. (2012). Obtenido de http://www.acolgen.org.co/index_test.php?menu=12
- Acosta, M. (17 de Septiembre de 2013). Entrevista en Hybrytec. (S. Aristizábal, Entrevistador)
- Álvarez, C. (04 de 10 de 2011). *El País*. Recuperado el 08 de 02 de 2013, de <http://blogs.elpais.com/eco-lab/2011/10/los-mejores-productos-fabricados-con-plastico-reciclado.html>
- ANALISIS FACTORIAL vs COMPONENTES PRINCIPALES. (s.f.). Recuperado el 09 de 08 de 2012, de Universidad de Oviedo: http://www.psico.uniovi.es/dpto_psicologia/metodos/tutor.1/fac3.html
- ANDESCO. (Febrero de 2010). Sector Eléctrico en Colombia: Mercado y Regulación. Bogotá.
- Antún, J. P. (2000). *Administración de la Cadena de Suministros*. Recuperado el Marzo de 2013, de ITAM : <http://segmento.itam.mx/Administrador/Uploader/material/Administracion%20de%20la%20Cadena%20de%20Suministros.PDF>
- APPA. (s.f.). *Asociación de Productores de Energías Renovables*. Recuperado el 08 de Marzo de 2013, de http://www.appa.es/09fotovoltaica/09que_es.php
- Canella, S., Ciancimino, E., Framinan, J. M., & Disney, S. M. (2010). *Los cuatro arquetipos de cadenas de suministro*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2013, de Universia: http://ubr.universia.net/pdfs_web/ubr26010-07.pdf
- Cardenas Santamaría , M. (20 de 08 de 2013). *Ministerio de Minas y Energía*. Obtenido de www.minminas.gov.co
- Cárdenas, M. (13 de Octubre de 2011). Diagnóstico y plan de acción para las zonas no interconectadas (ZNI). Bogotá: Ministerio de Minas y Energía.
- Ciancimino, E., Cannella, S., Canca Ortiz, J. D., & Framiñan Torres, J. M. (Diciembre de 2009). *Análisis multinivel de cadenas de suministro: dos técnicas de resolución del efecto bullwhip*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2013, de Universidad Pablo de Olavide: <http://www.upo.es/RevMetCuant/pdf/vol8/art29.pdf>
- Correa, J. M. (2007). *Estrategias para la implementación de proyectos de mecanismo de desarrollo limpio en el sector energético colombiano*. Envigado: Escuela de Ingeniería de Antioquia .
- Craig, A., Learner, H., & Gray, P. (Enero de 2012). *The Solar and Wind Energy* . Recuperado el 08 de Marzo de 2012, de ELPC.org: <http://elpc.org/wp-content/uploads/2013/02/OhioWindSupply-0218.pdf>

- Dinero, R. (01 de Diciembre de 2012). *Energía solar, una opción para tomar en serio*. Recuperado el 22 de Febrero de 2013, de Revista Dinero: <http://www.dinero.com/empresas/articulo/energia-solar-opcion-para-tomar-serio/165677>
- Dinero, R. (01 de Diciembre de 2012). *Energía solar, una opción para tomar en serio*. Recuperado el 22 de Febrero de 2013, de Revista Dinero: <http://www.dinero.com/empresas/articulo/energia-solar-opcion-para-tomar-serio/165677>
- energreencol. (s.f.). *Sistemas fotovoltaicos*. Recuperado el 22 de Febrero de 2013, de Energreencol: http://www.energreencol.com/energia_solar/Sistemas_fotovoltaicos/index.htm
- energreencol. (s.f.). *Sistemas fotovoltaicos*. Recuperado el 22 de Febrero de 2013, de energreencol: http://www.energreencol.com/energia_solar/Sistemas_fotovoltaicos/index.htm
- EPIA. (Mayo de 2012). *Global market Outlook 2016*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2013, de EPIA: http://www.epia.org/fileadmin/user_upload/Publications/Global-Market-Outlook-2016.pdf
- Google Maps. (21 de 09 de 2013). *Google Maps*. Obtenido de <https://maps.google.com>
- Guerrero, E. F., & Danies, F. C. (Diciembre de 2011). *Diagnóstico técnico y comercial del sector solar fotovoltaico en la región Caribe colombiana*. Recuperado el 08 de Marzo de 2013, de Universidad Autónoma del Caribe: <http://www.uac.edu.co/images/stories>
- Guerrero, E. F., & Danies, F. C. (Diciembre de 2011). *Diagnóstico técnico y comercial del sector solar fotovoltaico en la región Caribe colombiana*. Recuperado el 08 de Marzo de 2013, de Universidad Autónoma del Caribe: http://www.uac.edu.co/images/stories/publicaciones/revistas_cientificas/prospectiva/volumen-9-no-2/articulo11.pdf
- Gurrea, M. T. (s.f.). *ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES*. Recuperado el 09 de 08 de 2012, de UOC: http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Componentes_principales.pdf
- ICONTEC. (19 de 10 de 1988). *NTC 2446*. Recuperado el 05 de 10 de 2012, de Scribd: <http://es.scribd.com/doc/50132013/NTC2446>
- InLog. (s.f.). *Cadena de Abastecimiento*. Recuperado el 10 de 09 de 2013, de InLog: http://logisticaytransporteinlog.com/wp-content/files/Cadena_de_Abastecimiento.pdf
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo de Colombia. (2013). *Proexport Colombia*. Obtenido de <http://www.proexport.com.co/>

- Ministerio de Educación. (s.f.). *Ministerio de Educación*. Recuperado el 8 de Marzo de 2012, de <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-117028.html>
- Ministerio de Minas y Energía de Colombia. (19 de 07 de 2013). *Ministerio de minas y Energía*. Obtenido de <http://www.minminas.gov.co/mme/>
- Morales, B. B. (2009). *La logística reversa o inversa: aporte al control de devoluciones y residuos en la gestión de la cadena de abastecimiento*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2013, de Revista de Logística: <http://www.revistadelogistica.com/La-logistica-reversa-o-inversa.asp>
- Murcia, H. R. (Noviembre de 2008). Desarrollo de la energía solar en Colombia. *Revista de Ingeniería Universidad de los Andes*, 83-89.
- Murcia, H. R. (Noviembre de 2008). Desarrollo de la energía solar en Colombia y. *Revista de Ingeniería Universidad de los Andes*, 83-89.
- Nuestros servicios: Solen Technology*. (2011). Recuperado el 23 de Febrero de 2013, de SolenTechnology.
- Of. Económica y Comercial de la embajada de España en México. (Julio de 2010). *El mercado de*. Recuperado el 09 de Marzo de 2012, de ICEX: <http://www.icex.es/icex/cma/contentTypes/common/records/mostrarDocumento/?doc=4400018>
- Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en México. (Julio de 2010). *El mercado de la energía solar en México*. Recuperado el 12 de Marzo de 2013, de ICEX: <http://www.icex.es/icex/cma/contentTypes/common/records/mostrarDocumento/?doc=4400018>
- Pahor, M. (19 de 01 de 2011). *PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS*. Recuperado el 09 de 08 de 2012, de University of Ljubljana: http://miha.ef.uni-lj.si/_dokumenti3plus2/193004/IMB_2011_Seminar6_PCA_FA.pdf
- Plástico, T. d. (08 de 2012). *Plástico*. Recuperado el 08 de 02 de 2012, de http://www.plastico.com/tp/secciones/TP/ES/MAIN/IN/ARTICULOS/doc_89010_HTML.html?idDocumento=89010
- Platzer, M. D. (Junio de 2012). *U.S. Solar Photovoltaic Manufacturing: Industry Trends, Global Competition, Federal Support*. Recuperado el 21 de Octubre de 2013, de Federation of American Scientists: <http://www.fas.org/sfp/crs/misc/R42509.pdf>
- Quintanilla Rodenas, A. (s.f.). *Servidor Oretanp*. Recuperado el 09 de Marzo de 2013, de Universidad de Castilla-La Mancha: <http://oretano.iele-ab.uclm.es/~arodenas/Solar/componentes.htm>

- Quintero, K. (19 de 04 de 2012). *El EMPaque*. Recuperado el 08 de 02 de 2013, de http://www.elempaque.com/ee/secciones/EE/ES/MAIN/N/NOTICIAS3/doc_87407_HTML.html?idDocumento=87407
- Reinoso, G. (2010). MITÚ, EL MUNICIPIO MÁS COSTOSO DE COLOMBIA. *EL TIEMPO*, pág. 1.
- república, P. d. (26 de 03 de 2010). *Camacol*. Recuperado el 05 de 10 de 2012, de NSR-10: http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/NSR-10_diario_oficial_26marzo10.pdf
- Restrepo, L. G. (04 de 2011). *Contratos Internacionales y aspectos tributarios*. Recuperado el 05 de 10 de 2012, de Universidad Javeriana de Cali: http://www.javerianacali.edu.co/SiteCollectionDocuments/foro_tributario_1.pdf
- Rodado Noriega, C. (10 de 09 de 2013). *Ministerio de Minas y Energía*. Obtenido de www.minminas.gov.co
- Romm, J. (08 de Octubre de 2013). *Cost Of PV Cells Has Dropped 99% Since 1977, Bringing Solar Energy To Grid Parity*. Recuperado el 15 de Octubre de 2013, de The Energy Collective: <http://theenergycollective.com/josephromm/285416/must-see-chart-cost-pv-cells-has-dropped-amazing-99-1977-bringing-solar-power-grid>
- Ruiz, J. G. (09 de 08 de 2012). *Aspectos tributarios de los proyectos de infraestructura*. Recuperado el 05 de 10 de 2012, de ambitojuridico.com: [http://www.ambitojuridico.com/BancoConocimiento/N/noti-110809-04_\(aspectos_tributarios_de_los_proyectos_de_infraestructura\)/noti-110809-04_\(aspectos_tributarios_de_los_proyectos_de_infraestructura\).asp](http://www.ambitojuridico.com/BancoConocimiento/N/noti-110809-04_(aspectos_tributarios_de_los_proyectos_de_infraestructura)/noti-110809-04_(aspectos_tributarios_de_los_proyectos_de_infraestructura).asp)
- San Andrés Cargo Express. (2013). *San Andrés Cargo Express*. Obtenido de <http://sanandrescargoexpress.com/>
- SolenTechnology. (2011). *Nuestros Servicios: Solen Technology*. Recuperado el 23 de Febrero de 2012, de Solen Technology: <http://www.solentechnology.com/energia-solar-servicios.html>
- Stone & Associates. (Enero de 2011). *Overview of the Solar Energy Industry and Supply Chain*. Recuperado el Marzo de 2013, de Clean Energy Manufacturing Center: <http://www.thecemc.org/body/Solar-Overview-for-BGA-Final-Jan-2011.pdf>
- Torres Novoa, F. (15 de 09 de 2013). *Moir*. Obtenido de <http://www.moir.org.co/LA-TRAGEDIA-DE-LOS-SERVICIOS.html>
- Unidad de planeación Minero Energética. (s.f.). Actualización y revisión de los balances energéticos nacionales de Colombia. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.
- United Nation Office for the coordination of humanitarian Affairs OCHA. (s.f.). Colombia, Desplazamiento masivo en Nariño.

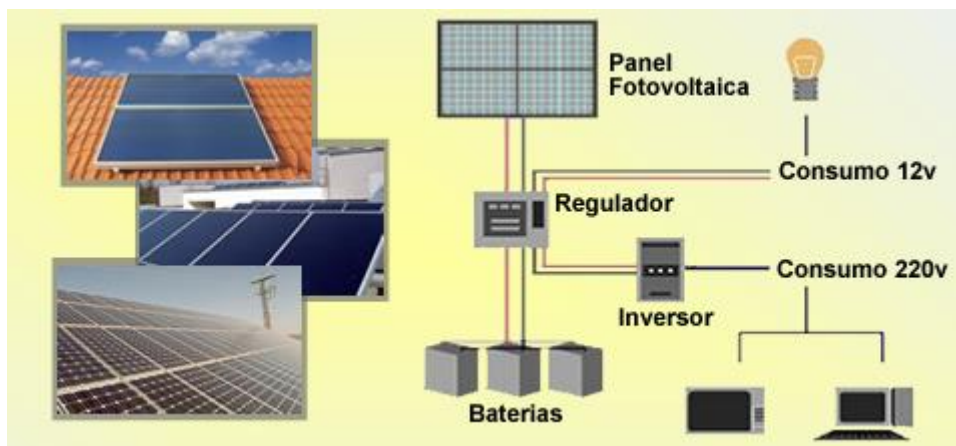
- Universidad Nacional de Colombia. (s.f.). *Cadena de Abastecimiento*. Recuperado el 09 de Marzo de 2013, de Unal Virtual: http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/economicas/2006862/lecciones/capitulo%206/cap6_j.htm
- UPME. (2010). *Boletín estadístico de minas y energía 1990-2010*. Ministerio de Minas y Energía.
- UPME. (s.f.). *Mapas de Brillo Solar*. Recuperado el 01 de Octubre de 2013, de UPME: http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/3-Mapas_Brillo_Solar.pdf
- Uribe, F. (06 de Septiembre de 2013). Entrevista a Melco. (S. Aristizábal, Entrevistador)
- Weea, H.-M., Yangb, W.-H., Chouc, C.-W., & Padiland, M. V. (Octubre de 2012). *Renewable energy supply chains, performance, application barriers, and strategies for further development*. Recuperado el 08 de Marzo de 2013, de ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com/recursosbiblioteca.eia.edu.co/science/article/pii/S1364032112003863>
- Weea, H.-M., Yangb, W.-H., Chouc, C.-W., & Padiland, M. V. (Octubre de 2012). *Renewable energy supply chains, performance, application barriers, and strategies for further development*. Recuperado el 08 de 03 de 2013, de ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com/recursosbiblioteca.eia.edu.co/science/article/pii/S1364032112003863>
- Wikipedia. (2012). *Sector eléctrico en Colombia*. Recuperado el 8 de Marzo de 2012, de http://es.wikipedia.org/wiki/Sector_eléctrico_en_Colombia
- WordPress. (30 de 06 de 2008). *WordPress*. Recuperado el 08 de 02 de 2013, de <http://contaminacionmundial.wordpress.com/2008/06/30/nuestro-planeta-esta-asediado-por-1000-millones-de-objetos-de-plastico/>

7. ANEXOS

Anexo 1 SISTEMA BÁSICO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía fotovoltaica es la transformación directa de la radiación solar en electricidad. Esta transformación se produce en unos dispositivos denominados paneles fotovoltaicos. En los paneles fotovoltaicos, la radiación solar excita los electrones de un dispositivo semiconductor generando una pequeña diferencia de potencial. La conexión en serie de estos dispositivos permite obtener diferencias de potencial mayores. (APPA., s.f.)

Componentes básicos de un sistema de energía fotovoltaica:



Fuente: Industrias Saniblaui

- **Paneles fotovoltaicos:** Es el conjunto formado por células conectadas en serie y en paralelo, convenientemente ensamblado y protegido contra los agentes externos. La forma más usual no es construir un generador solar de un sólo panel, sino dividirlo en varios paneles de igual voltaje y potencia.

Por lo general sólo se usan ciertos voltajes estándar, como 1.5 V, 6 V, 12 V, 24 V y 48 V, que son múltiplos unos de otros.

Los paneles adoptan casi siempre una forma cuadrada o rectangular, con áreas que van desde unos 0,1 m² hasta 0,5 m². El grueso total, sin incluir el marco protector, no suele superar los 3 cm. Son relativamente ligeros y, aunque rígidos en apariencia, son capaces de sufrir ligeras deformaciones para adaptarse a los esfuerzos mecánicos a los que pudiesen verse sometidos.

La respuesta del panel frente a la radiación solar y su capacidad para generar energía están determinadas por las siguientes características:

- Corriente de cortocircuito
- Tensión de circuito abierto
- Potencia máxima
- Factor de forma
- Eficiencia total del panel

La inclinación de los paneles es un tema fundamental, ya que de esta depende la cantidad de radiación que va a ser recolectada. La captación de energía solar será máxima cuando la posición de la placa solar sea perpendicular a la radiación. (Quintanilla Rodenas, s.f.)

- **Baterías:** La necesidad de acumular la energía suministrada por los paneles fotovoltaicos proviene del hecho de que la distribución temporal del consumo no es totalmente coincidente con las horas de luz solar.

Para almacenar la energía captada, el sistema más empleado actualmente son las baterías de acumuladores, debido a su bajo costo de instalación y a su rendimiento. Además, la batería cumple dos importantes misiones:

1. Suministrar potencia instantánea o durante breves momentos, superior a la que el campo de paneles podría generar aún en los momentos más favorables posibles.
2. Mantener un nivel de tensión estable: La tensión de salida del panel varía en función de la intensidad radiante, lo cual puede no ser adecuado para el funcionamiento de los aparatos. El acumulador proporciona un voltaje estable y constante independiente de las condiciones de incidencia luminosa.

Una batería puede considerarse como la asociación de varios acumuladores conectados, en serie o en paralelo, combinados para dar la tensión de salida y la capacidad de almacenamiento deseadas. Por ejemplo, tres acumuladores de plomo-ácido de 90 amperios-hora y 2,1 voltios pueden conectarse en serie para obtener una batería de 6,3 voltios y de 90 amperios-hora (figura 1). Los mismos elementos pueden conectarse en paralelo (figura 2) para producir una batería de 2,1 voltios y 270 amperios-hora. (Quintanilla Rodenas, s.f.)

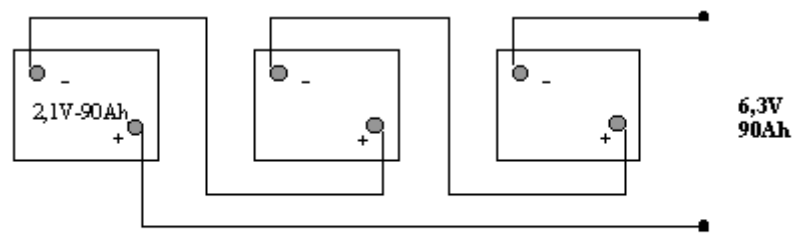


Figura 1: Acumuladores asociados en serie

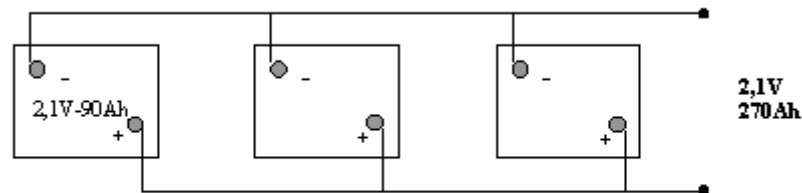


Figura 2: Acumuladores asociados en paralelo

Fuente: (Quintanilla Rodenas, s.f.)

- **Regulador:** El regulador de la carga tiene la misión de regular la corriente que es absorbida por la batería con el fin de que en ningún momento pueda sobrecargarse peligrosamente. Además, es el encargado de evitar en lo posible que se deje de aprovechar la energía captada por los paneles. El regulador debe controlar el voltaje, que será una indicación del estado de carga de la batería, y si éste llega a un valor previamente establecido, correspondiente a la tensión máxima admisible, debe actuar de forma que impida que la corriente siga fluyendo hacia la batería. (Quintanilla Rodenas, s.f.)
- **Convertidores o alternadores:** Son elementos capaces de alterar la tensión y las características de la corriente eléctrica que reciben, transformándola de manera que resulte más apta para los usos específicos a los que vaya destinada en cada caso. Los convertidores CC-CA permiten transformar la corriente continua de 12 ó 24V que producen los paneles y almacena la batería, en corriente alterna de 125 ó 220V, como la que normalmente se utiliza en los lugares donde llega la red eléctrica tradicional. Esto permite usar los aparatos eléctricos habituales diseñados para funcionar a este tipo de corriente. La contrapartida que esta transformación lleva acarreada es la pérdida de energía en el propio convertidor, el cual tiene un rendimiento que en determinadas circunstancias de trabajo es bastante pequeño. (Quintanilla Rodenas, s.f.)

Anexo 2. ENTREVISTA A MAURICIO ACOSTA HYBRYTEC

1. ¿Ustedes son productores o importan todos los paneles?
Hybrytec importa todos los componentes de energía fotovoltaica que comercializa. Importa de países como China, Alemania y Japón.
2. ¿Cuánto es el tiempo que se demoran en instalar un sistema fotovoltaico?
Todo depende del tamaño del proyecto, para un proyecto grande, o sea de 50kW en adelante, el tiempo que se le dice al cliente es de 3 meses. Si es un proyecto mediano (20kW – 50kW), se le dice al cliente que el tiempo es de 2 meses. Para proyectos pequeños (menos de 20kW) el tiempo de instalación es de un mes.
3. ¿Ustedes manejan stock o sólo importan los elementos cuando tienen pedidos?
En Hybrytec se maneja un software para la parte de pronósticos de demanda, y basados en la información de ese programa se maneja un stock en una bodega.
4. ¿Ustedes mismos se encargan de la importación y el transporte?
En ocasiones las importaciones se hacen a través de empresas importadoras, por facilidad. Los paneles y los elementos del sistema pueden ser transportados sin problemas por empresas de transporte, en ocasiones las zonas donde se van a instalar los sistemas son tan remotas que el transporte es facilitado con el uso de los helicópteros de la fuerza aérea.
5. ¿Hybrytec tiene cobertura en todo el país?
Sí, Hybrytec cuenta con 300 distribuidores en todo el país, los cuales se encargan de comercializar e instalar los sistemas. Por seguridad y confiabilidad cada proyecto de Hybrytec tiene un ingeniero a cargo, el cual debe velar por el éxito del proyecto sin importar su dimensión.
6. ¿Prestan ustedes el servicio de mantenimiento?
Sí, Hybrytec presta este servicio pero únicamente a instalaciones propias, esto debido a que sólo con las instalaciones propias Hybrytec asegura la funcionalidad y la confiabilidad del sistema.
7. ¿Cuáles son los pasos necesarios para que se instale un proyecto fotovoltaico?
Los pasos son:
 - Firma de contrato con el cliente
 - Planeación: esto es, la ingeniería de detalle y las compras nacionales e internacionales para el sistema específico
 - Logística (importaciones, recepción de mercancía)
 - Transporte a sitio
 - Ejecución (instalación)
 - Pruebas y entrega

Anexo 3. LEGISLACION COLOMBIANA SOBRE ENERGIA ELECTRICA

- RESOLUCIÓN 180195 DE 2011

Resolución 180195 de 2011

Diario Oficial No. 47.991 de 22 de febrero de 2011

Ministerio de Minas y Energía

Por la cual se expide el procedimiento para otorgar subsidios del sector eléctrico en las Áreas de Servicio Exclusivo No Interconectadas Continentales.

El Ministro de Minas y Energía,

En ejercicio de las facultades constitucionales y legales, en especial la conferida por el artículo 2° de la Ley 1117 de 2006,

CONSIDERANDO:

Que el artículo 40 de la Ley 142 de 1994, señala que se podrán establecer Áreas de Servicio Exclusivo, por motivos de interés social y con el propósito que la cobertura de servicios públicos se extienda a personas de menores ingresos, y en su parágrafo dispone que las Comisiones de Regulación verificarán la existencia de condiciones para la inclusión de dichas áreas en los contratos.

Que el artículo 2° de la Ley 1117 de 2006 adicionó el numeral 99.10 al artículo 99 de la Ley 142 de 1994, estableciendo que los subsidios del sector eléctrico para las zonas no interconectadas se otorgarán en las condiciones y porcentajes que defina el Ministerio de Minas y Energía, considerando la capacidad de pago de los usuarios en estas zonas.

Que de acuerdo con el artículo 65 de la Ley 1151 de 2007, corresponde al Ministerio de Minas y Energía diseñar esquemas sostenibles de gestión para la prestación del servicio de energía eléctrica en las Zonas No Interconectadas, para lo cual podrá establecer áreas de servicio exclusivo para todas las actividades involucradas en el servicio de energía eléctrica.

Que el artículo 12 de la Resolución 18 2138 de 2007, expedida por el Ministerio de Minas y Energía dispuso que, en caso de que se implementen algunos de los tipos de contratos establecidos en el Capítulo II, del Título II de la Ley 142 de 1994, o los contratos de concesión de la Ley 143 de 1994, u otros

mecanismos de prestación del servicio por contratos especiales, se podrá establecer una metodología específica para la asignación de subsidios a los usuarios a ser atendidos por medio de estos contratos.

Que mediante las Resoluciones 18 1055 de 26 de junio de 2009 y 18 2527 del 27 de diciembre de 2010 se expidió el procedimiento para otorgar subsidios del sector eléctrico en las Áreas de Servicio Exclusivo No Interconectadas Continentales.

Que se hace conveniente expedir un nuevo procedimiento, entre otros aspectos, con el fin de simplificar la asignación de subsidios cuando se presenten activos de infraestructura de entidades públicas que no les sea posible aportar parcial o totalmente sus bienes o derechos al Concesionario.

Que de conformidad a los fundamentos expuestos,

RESUELVE:

Artículo 1°. *Fórmula general para la determinación de los subsidios de los usuarios.* La siguiente será la fórmula general para la determinación de los subsidios máximos a aplicar a los usuarios residenciales y no residenciales del Área de Servicio Exclusivo:

Artículo 2°. *Determinación del subsidio para usuarios residenciales.* Para la aplicación de la fórmula general a los usuarios residenciales se tomarán los siguientes parámetros:

Se,n,m (\$):	Valor del subsidio para el mes de facturación m, del usuario de estrato e, conectado al nivel de tensión n.
C (KWh):	Corresponde al consumo medido de energía del usuario residencial, cuando dicho consumo sea menor o igual al consumo de subsistencia.
	En caso de que el consumo medido de energía del usuario sea superior al consumo de subsistencia, C será igual al valor del consumo de subsistencia.

$CU_{n,m}$ (\$/KWh):	Costo unitario de prestación del servicio para los usuarios conectados al nivel de tensión n , correspondiente al mes de facturación m .
$T_{e,0}$ (\$/KWh):	Tarifa de referencia aplicada a los usuarios de estrato e en el mes de julio de 2007.
C_{senda} (KWh):	Consumo medido de energía del usuario residencial, que supera el valor del consumo de subsistencia establecido y corresponderá a la diferencia aritmética entre el consumo medido de energía al usuario y el consumo de subsistencia. Cuando el consumo medido de energía del usuario supere el límite de consumo determinado para la senda de desmonte de los subsidios, C_{senda} , será igual a la diferencia entre el límite de consumo determinado para la senda de desmonte y el consumo de subsistencia.

La senda de desmonte de los subsidios para aquellos usuarios residenciales cuyos consumos superen el consumo de subsistencia, tendrá los siguientes límites:

Fase I: entre enero de 2008 y diciembre de 2011, todos los consumos;

Fase II: entre enero de 2012 y diciembre de 2013, hasta 400 kWh/mes;

Fase III: entre enero de 2014 y diciembre de 2014, hasta 300 kWh/mes;

Fase IV: a partir de enero de 2015, ningún consumo que supere el consumo de subsistencia.

En caso que la expresión $CU_{n,m} - T_{e,0} \times (IPC_{m-1} / IPC_0)$ sea menor que cero, este término se entenderá igual a cero.

En caso de que la expresión $CU_{n,m} - T_0 \times (IPC_{m-1} / IPC_0)$ sea menor que cero, este término se entenderá igual a cero.

Artículo 3°. Determinación del subsidio para usuarios no residenciales. Para la aplicación de la fórmula general a los usuarios no residenciales se tomarán los siguientes parámetros:

$S_{e,n,m}$ (\$):	Subsidio máximo para el mes de facturación m , del usuario no residencial, conectado al nivel de tensión n .
C (KWh):	En todos los casos tomará el valor de 0.
$CU_{n,m}$ (\$/KWh):	Costo unitario de prestación del servicio para los usuarios conectados al nivel de tensión n , correspondiente al mes de facturación m .
$T_{e,0}$ (\$/KWh):	En todos los casos tomará el valor de 0.
C_{senda} (KWh):	Consumo medido de energía del usuario no residencial.
T_0 (\$/KWh):	Tarifa aplicada en julio de 2007 para cada tipo de usuario no residencial (oficial, comercial, industrial, otros).

En caso en que no se haya establecido la senda de desmonte a aplicar para el cálculo de los subsidios de los usuarios no residenciales y hasta tanto se establezca el mismo, el parámetro C_{senda} de dichos usuarios será revisado anualmente por el Ministerio, con el fin de considerar su capacidad de pago e incentivar el uso racional y eficiente de la energía.

Artículo 4°. *Subsidio por costo de activos no aportados a la concesión.* Para el reconocimiento de los subsidios otorgados a los usuarios para cubrir los costos incurridos por el uso de aquellos activos afectos a la prestación del servicio no aportados por las entidades públicas, el prestador del servicio deberá incluir en forma detallada en las facturas, el valor total de costo asignado a cada usuario, calculado de acuerdo con su consumo de energía total subsidiado y el componente $Anp_m/C_{sub}ASE$.

El prestador del servicio deberá incluir en el reporte trimestral de las cuentas de subsidios, toda la información detallada de los costos de activos no aportados a la concesión de entidades públicas para la respectiva revisión, validación y reconocimiento por parte de este Ministerio.

En el evento que las entidades públicas propietarias de aquellos activos afectos a la prestación del servicio, no aportados a la concesión, adeuden al Fondo de Solidaridad de Subsidios y Redistribución de Ingresos – FSSRI, el Ministerio de Minas y Energía podrá saldar dicha deuda con el valor total mensual de subsidio reconocido por el costo de dichos activos.

Parágrafo. El prestador del servicio podrá realizar ajustes contables a las cuentas de subsidios de períodos anteriores a la expedición de esta resolución en los cuales no hubiese aplicado los costos, por concepto de activos afectos a la prestación del servicio, de entidades públicas no aportados a la concesión. Dichos ajustes deberán ser reportados a este Ministerio.

Artículo 5°. *Priorización de subsidios.* En la destinación de recursos de subsidios disponibles se priorizarán los consumos de los usuarios residenciales.

Artículo 6°. *Vigencia y derogatorias.* La presente resolución rige a partir de su fecha de publicación en el **Diario Oficial** y deroga las Resoluciones 18 1055 de 26 de junio de 2009 y 18 2527 del 27 de diciembre de 2010.

Publíquese y cúmplase.

Dada en Bogotá, D. C., a 22 de febrero de 2011.

El Ministro de Minas y Energía,

CARLOS RODADO NORIEGA.

RESOLUCIÓN 180196 DE 2011

(Rodado Noriega, 2013)

- Resolución 180196 de 2011

Diario Oficial No. 47.991 de 22 de febrero de 2011

Ministerio de Minas y Energía

Por la cual se expide el procedimiento para otorgar subsidios del sector eléctrico en el Área de Servicio Exclusivo de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

El Ministro de Minas y Energía,

En ejercicio de las facultades constitucionales y legales, en especial la conferida por el artículo 2° de la Ley 1117 de 2006, y

CONSIDERANDO:

Que el artículo 40 de la Ley 142 de 1994, señala que se podrán establecer Áreas de Servicio Exclusivo, por motivos de interés social y con el propósito que la cobertura de servicios públicos se extienda a personas de menores ingresos, y en su parágrafo dispone que las Comisiones de Regulación verificarán la existencia de condiciones para la inclusión de dichas áreas en los contratos.

Que el artículo 2° de la Ley 1117 de 2006 adicionó el numeral 99.10 al artículo 99 de la Ley 142 de 1994, estableciendo que los subsidios del sector eléctrico para las zonas no interconectadas se otorgarán en las condiciones y porcentajes que defina el Ministerio de Minas y Energía, considerando la capacidad de pago de los usuarios en estas zonas.

Que de acuerdo con el artículo 65 de la Ley 1151 de 2007, corresponde al Ministerio de Minas y Energía diseñar esquemas sostenibles de gestión para la prestación del servicio de energía eléctrica en las Zonas No Interconectadas, para lo cual podrá establecer áreas de servicio exclusivo para todas las actividades involucradas en el servicio de energía eléctrica.

Que el artículo 6° de la Resolución 18 0069 de 2008, expedida por el Ministerio de Minas y Energía dispuso que, en caso de que se implementen algunos de los tipos de contratos establecidos en el Capítulo II, del Título II de la Ley 142 de 1994, o los contratos de concesión de la Ley 143 de 1994, u otros mecanismos de prestación del servicio por contratos especiales, se podrá establecer una metodología específica para la asignación de subsidios a los usuarios a ser atendidos por medio de estos contratos.

Que mediante las Resoluciones 18 1031 de 24 de junio de 2009, 18 1200 del 7 de julio de 2010 y 18 2528 del 27 de diciembre de 2010 se expidió el

procedimiento para otorgar subsidios del sector eléctrico en el Área de Servicio Exclusivo de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Que se hace conveniente expedir un nuevo procedimiento, entre otros aspectos, con el fin de simplificar la asignación de subsidios cuando se presenten activos de infraestructura de entidades públicas que no les sea posible aportar parcial o totalmente, sus bienes o derechos, al Concesionario.

Que de conformidad a los fundamentos expuestos,

RESUELVE:

Artículo 1°. *Fórmula general para la determinación de los subsidios de los usuarios.* La siguiente será la fórmula general para la determinación de los subsidios máximos a aplicar a los usuarios residenciales y no residenciales del Área de Servicio Exclusivo:

Artículo 2°. *Determinación del subsidio para usuarios residenciales.* Para la aplicación de la fórmula general a los usuarios residenciales se tomarán los siguientes parámetros:

$S_{e,n,m}$ (\$):	Valor del subsidio para el mes de facturación m , del usuario de estrato e , conectado al nivel de tensión n .
C (kWh):	Corresponde al consumo medido de energía del usuario residencial, cuando dicho consumo sea menor o igual al consumo de subsistencia.
	En caso de que el consumo medido de energía del usuario sea superior al consumo de subsistencia, C será igual al valor del consumo de subsistencia.
$CU_{n,m}$	(\$/kWh): Costo unitario de prestación del servicio para los usuarios conectados al nivel de tensión n , correspondiente al mes de facturación m .

$T_{e,0}$ (\$/kWh):	Tarifa de referencia aplicada a los usuarios de estrato e en el mes de julio de 2007.
C_{senda} (kWh):	Consumo medido de energía del usuario residencial, que supera el valor del consumo de subsistencia establecido y corresponderá a la diferencia aritmética entre el consumo medido de energía al usuario y el consumo de subsistencia. Cuando el consumo medido de energía del usuario supere el límite de consumo determinado para la senda de desmonte de los subsidios, C_{senda} , será igual a la diferencia entre el límite de consumo determinado para la senda de desmonte y el consumo de subsistencia.

La senda de desmonte de los subsidios para aquellos usuarios residenciales cuyos consumos superen el consumo de subsistencia, tendrá los siguientes límites:

Fase I: entre enero de 2008 y diciembre de 2011, todos los consumos;

Fase II: entre enero de 2012 y diciembre de 2013, hasta 400 kWh/mes;

Fase III: entre enero de 2014 y diciembre de 2014, hasta 300 kWh/mes;

Fase IV: a partir de enero de 2015, ningún consumo que supere el consumo de subsistencia.

En caso que la expresión $CU_{n,m} - T_{e,0} \times (IPC_{m-1} / IPC_0)$ sea menor que cero, este término se entenderá igual a cero.

En caso de que la expresión $CU_{n,m} - T_0 \times (IPC_{m-1} / IPC_0)$ sea menor que cero, este término se entenderá igual a cero.

Artículo 3°. Determinación del subsidio para usuarios no residenciales. Para la aplicación de la fórmula general a los usuarios no residenciales se tomarán los siguientes parámetros:

$S_{e,n,m}$ (\$):	Subsidio máximo para el mes de facturación m , del usuario no residencial, conectado al nivel de tensión n .
-------------------	--

C (kWh):	En todos los casos tomará el valor de 0.
CU _{n,m} (\$/kWh):	Costo unitario de prestación del servicio para los usuarios conectados al nivel de tensión <i>n</i> , correspondiente al mes de facturación <i>m</i> .
T _{e,0} (\$/KWh):	En todos los casos tomará el valor de 0.
C _{senda} (KWh):	Consumo medido de energía del usuario no residencial.
T ₀ (\$/KWh):	Tarifa aplicada en julio de 2007 para cada tipo de usuario no residencial (oficial, comercial, industrial, otros).

En caso en que no se haya establecido la senda de desmonte a aplicar para el cálculo de los subsidios de los usuarios no residenciales y hasta tanto se establezca el mismo, el parámetro C_{senda} de dichos usuarios podrá ser modificado por este Ministerio, considerando criterios como la capacidad de pago y el incentivo al uso racional y eficiente de la energía.

Artículo 4°. Subsidio por costo de activos no aportados a la concesión. Para el reconocimiento de los subsidios otorgados a los usuarios para cubrir los costos incurridos por el uso de aquellos activos afectos a la prestación del servicio no aportados por las entidades públicas, el prestador del servicio deberá incluir en forma detallada en las facturas, el valor total de costo asignado a cada usuario, calculado de acuerdo con su consumo de energía total subsidiado y el componente $Anp_m/C_{subbase}$.

El prestador del servicio deberá incluir en el reporte trimestral de las cuentas de subsidios, toda la información detallada de los costos de activos no aportados a la concesión de entidades públicas para la respectiva revisión, validación y reconocimiento por parte de este Ministerio.

En el evento que las entidades públicas propietarias de aquellos activos afectos a la prestación del servicio, no aportados a la concesión, adeuden al Fondo de Solidaridad de Subsidios y Redistribución de Ingresos – FSSRI, el Ministerio de Minas y Energía podrá saldar dicha deuda con el valor total mensual de subsidio reconocido por el costo de dichos activos.

Parágrafo. El prestador del servicio podrá realizar ajustes contables a las cuentas de subsidios de periodos posteriores a la expedición de la Resolución 18 1200 del 7 de julio de 2010 en los cuales no hubiesen aplicado los costos, por concepto de activos afectos a la prestación del servicio de entidades públicas no aportados a la concesión. Dichos ajustes deberán ser reportados a este Ministerio.

Artículo 5°. *Priorización de subsidios.* En la destinación de recursos de subsidios disponibles se priorizarán los consumos de los usuarios residenciales.

Artículo 6°. *Vigencia.* La presente resolución rige a partir de su fecha de publicación en el **Diario Oficial** y deroga las Resoluciones 18 1031 de 24 de junio de 2009, 18 1200 del 7 de julio de 2010 y 18 2528 del 27 de diciembre de 2010.

Publíquese y cúmplase.

Dada en Bogotá, D. C., a 22 de febrero de 2011.

El Ministro de Minas y Energía,

CARLOS RODADO NORIEGA.

(Rodado Noriega, 2013)

- Resolución 181480 DE 2012

Diario Oficial No. 48.543 de 4 de septiembre de 2012

Ministerio de Minas y Energía

Por la cual se modifica la senda de desmonte de subsidios a usuarios residenciales cuyos consumos superen el consumo de subsistencia establecida en el artículo 2° de la Resolución número 18 0196 de 2011.

El Ministro de Minas y Energía,

En ejercicio de las facultades constitucionales y legales, en especial la conferida por el artículo 2° de la Ley 1117 de 2006, y

CONSIDERANDO:

Que el artículo 2° de la Resolución número 18 0196 del 22 de febrero de 2011 estableció la senda de desmonte de los subsidios para aquellos usuarios residenciales cuyos consumos superen el consumo de subsistencia, determinando diferentes límites y distintas fases de aplicación para el Área de Servicio Exclusivo de San Andrés, Providencia y Santa Catalina;

Que el mencionado artículo, señaló que la Fase II de la senda de desmonte de los subsidios, iniciaba en enero de 2012 hasta diciembre de 2013, con un límite de hasta 400 KWh/mes;

Que mediante Resolución número 18 0115 del 31 de enero de 2012 se suspendió la aplicación de la Fase II de la senda de desmonte de subsidios establecida en el artículo 2° de la Resolución número 180196 de 22 de febrero de 2011, teniendo en cuenta los resultados del Estudio elaborado por la Unidad de Planeación Minero-Energética – UPME, denominado “Determinación del consumo básico de subsistencia en los sectores residencial, comercial y hotelero en el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina” y con base en el cual, esa Unidad recomendó diseñar un Programa de Eficiencia Energética que incluyera, entre otras, estrategias de mejores prácticas de consumo de energía eléctrica, así como la realización de jornadas de socialización tendientes a informar y sensibilizar a los usuarios acerca de la importancia de la implementación de medidas de uso racional y, eficiente de la energía;

Que mediante Resolución número 18 0641 del 27 de abril de 2012, se amplió en cuatro (4) meses, el término de suspensión previsto en el artículo 1° de la Resolución número 18 0115 del 31 de enero de 2012, con el propósito de que el Ministerio de Minas Energía junto con la Unidad de Planeación Minero-Energética – UPME, desarrollaran un Piloto del Programa de Eficiencia

Energética para verificar la efectividad del mismo, realizar los ajustes pertinentes y evaluar sus resultados con el fin que el mismo sea replicado por todos los usuarios;

Que el 31 de julio de 2012 inició oficialmente el Piloto del Programa de Eficiencia Energética en la Isla de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, cuyos resultados se prevén conocer a mediados de noviembre de 2012, y las medidas de eficiencia energética que se recomienden, se implementarán hasta febrero de 2013;

Que en desarrollo del Piloto del Programa de Eficiencia Energética y de las reuniones con los gremios de las Islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, se determinó la necesidad de modificar la senda dispuesta en el artículo 2° de la Resolución número 18 0196 de 2011, estableciendo un límite de subsidio del consumo de energía de 800 KWh/mes, hasta tanto se obtengan los resultados del Piloto del Programa de Eficiencia Energética;

Que en el artículo 3° de la Resolución número 18 0641 del 27 de abril de 2012, se solicitó a la empresa prestadora del servicio público de energía eléctrica diferenciar los usuarios residenciales que desarrollan actividades económicas en su residencia de aquellos usuarios puramente residenciales;

Que el consumo de energía de los usuarios residenciales que desarrollan actividades económicas en su residencia, se encuentra afectado por el consumo de energía de los equipos eléctricos destinados al desarrollo de la actividad económica por lo que su consumo total de energía no obedece exclusivamente a los patrones de consumo de los usuarios residenciales;

Que por lo anterior,

RESUELVE:

Artículo 1°. Modificar la senda establecida en el artículo 2° de la Resolución número 18 0196 del 22 de febrero de 2011, la cual quedará así:

“A partir del consumo de energía del mes siguiente a la publicación de la presente resolución, no se subsidiarán a los usuarios residenciales, consumos de energía superiores a 800 kWh/mes.

Parágrafo. La anterior medida no aplicará para aquellos usuarios residenciales que dentro del plazo máximo establecido en la Resolución número 18 0641 de 2012, fueron identificados como usuarios residenciales que desarrollan actividades económicas en su residencia”.

Artículo 2°. El Ministerio de Minas y Energía, con base en los resultados que se obtengan en el piloto del Programa de Eficiencia Energética, determinará una nueva senda de desmonte de los subsidios para los usuarios residenciales cuyos consumos superen el consumo de subsistencia.

Artículo 3°. La empresa prestadora del servicio público deberá a partir de la publicación de la presente resolución, informar por escrito a todos los usuarios residenciales sobre la aplicación de la medida establecida en el artículo 1°. Dicha comunicación deberá contener un ejemplo de la aplicación de la medida y especificar si el usuario residencial ha presentado consumos superiores a los 800 kWh/mes en los últimos 12 meses. Así mismo deberá informar al usuario, si fue identificado dentro del plazo establecido en el artículo 3° de la Resolución número 180641 de 2012 como usuario que desarrolla actividad económica en su residencia.

Artículo 4°. La presente resolución rige a partir de la fecha de su publicación.

Publíquese y cúmplase.

Dada en Bogotá, D. C., a 30 de agosto de 2012.

El Ministro de Minas y Energía,

Mauricio Cárdenas Santamaría.

(Cardenas Santamaría , 2013)

Anexo 4. SIMULADOR DE COSTOS LOGÍSTICOS DE IMPORTACIÓN



SIMULADOR COSTOS POR INCOTERMS

MATRIZ DE COSTOS LOGÍSTICOS DE IMPORTACIÓN PARA TRANSPORTE MARÍTIMO EN TEU

TRM 2550

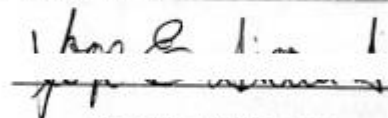
No	ITEM	CARTAGENA	BUENAVENTURA
	<u>VALOR FOB</u>	USD 38,500.00	USD 38,500.00
11	Flete internacional	USD 1,200.00	USD 1,500.00
12	BAF	USD 100.00	USD 100.00
13	THC	USD 40.00	USD 40.00
14	Documentation Fee	USD 35.00	USD 35.00
	<u>VALOR CFR</u>	USD 39,875.00	USD 40,175.00
15	Seguro (0.5% Sobre el Valor FOB)	USD 192.50	USD 192.50
	<u>VALOR CIF</u>	USD 40,067.50	USD 40,367.50
16	Uso de instalaciones Portuarias	USD 98.60	USD 98.60
17	Movimiento Para Aforo	USD 85.00	USD 85.00
18	Vaciado Del Contenedor En Puerto	USD 65.00	USD 65.00
20	Arancel (10% Sobre el Valor CIF)	USD 4,006.75	USD 4,036.75
21	Iva (16% Sobre: el Valor CIF + El ARANCEL)	USD 7,051.88	USD 7,104.68
22	Almacenamiento en puerto US\$ 18.75 / día	USD 225.00	USD 225.00
23	Comisión SIA (0,3% Sobre el Valor CIF) MIN. USD150	USD 150.00	USD 150.00
24	Nuevo sellos de seguridad	USD 3.00	USD 3.00
25	Cargue a camión En Puerto (Contenedor de 20' ó 40')	USD 32.00	USD 32.00
26	Servicio Báscula (Por camión)	USD 85.00	USD 85.00
27	Transporte terrestre viaje completo x 30 tons	USD 1,200.00	USD 1,200.00
28	Escolta	USD 400.00	USD 400.00
29	Demoras de contenedor US15 / DIA	USD 135.00	USD 135.00
31	Limpieza de contenedor	USD 30.00	USD 30.00
32	Drop Off	USD 100.00	USD 100.00
	<u>SUBTOTAL</u>	USD 53,734.73	USD 54,117.53
46	Seguro Puerta - Puerta (0.5% Sobre Valor en planta)	USD 268.67	USD 270.59
	<u>VALOR TOTAL PRODUCTO EN PLANTA (DDP)</u>	USD 54,003.40	USD 54,388.12




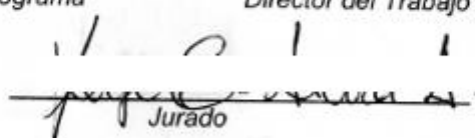
ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA

ACTA DE EVALUACIÓN FINAL DE TRABAJO DE GRADO

Fecha: (dd/mm/aa)	19/11/2013						
Nombre del proyecto:	Configuración de la cadena de suministro para la comercialización de sistemas de energía fotovoltaicos en Colombia						
Director del proyecto:	Aquiles Ocampo González						
<table border="1"><thead><tr><th>Nombre del estudiante</th><th>Programa académico</th></tr></thead><tbody><tr><td>Santiago Arbeláez Salgado</td><td>Ingeniería Industrial</td></tr><tr><td>Sebastián Aristizabal González</td><td>Ingeniería Industrial</td></tr></tbody></table>		Nombre del estudiante	Programa académico	Santiago Arbeláez Salgado	Ingeniería Industrial	Sebastián Aristizabal González	Ingeniería Industrial
Nombre del estudiante	Programa académico						
Santiago Arbeláez Salgado	Ingeniería Industrial						
Sebastián Aristizabal González	Ingeniería Industrial						
Nombre del Jurado:	Jorge Enrique Sierra Sáez						
Evaluación del proyecto:							
<input type="checkbox"/> No aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado							
Espacio exclusivo para jurado							
<input type="checkbox"/> Mención Pública <input type="checkbox"/> Mención honorífica <input type="checkbox"/> Trabajo laureado							
Justificación del reconocimiento: (Artículo 28 del Acuerdo 11: "El director del Programa presentará el acta final de evaluación al Consejo Académico, donde consta la solicitud de mención especial debidamente justificada y el Consejo determinará si se otorga o no")							


Director del Programa


Director del Trabajo de Grado


Jurado